Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 19, No. 2, May-June 2023, p. 291-309

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۹، شماره ۲، خرداد- تیر ۱۴۰۲ ص. ۳۰۹-۲۹۱

Homepage: http://ifstrj.um.ac.ir
Research Paper

Effect of Tragacanth Gum and Wheat Starch as a Substitute for Gelatin on Rheological, Physical and Sensory Properties of Dairy Dessert

F. Yousafzadeh[1]-M. Taghizadeh[2]*

Received: 2021.12.10
Revised: 2022.04.14
Accepted: 2022.04.30
Available Online: 2022.05.15

How to cite this article:
Yousefzadeh, F., & Taghizadeh, M. (2023). Effect of tragacanth gum and wheat starch as a substitute for gelatin on rheological, physical and sensory properties of dairy dessert. *Iranian Food Science and Technology Research Journal, 19*(2), 291-309. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/ifstrj.2022.74110.1120

Introduction

The consumption of milk and its products is considered as a main indicators of development of human societies. In order to promote the health of children and provide the sufficient amount of calcium and nutrients and make the consumption of these products attractive. Necessary measures should be taken to increase milk consumption in society and increase the diversity of these products (Keshtkaran *et al.*, 2013). Gelatin as one of the gelling agents used in dairy desserts is a hydrocolloid with unique functional properties and has been used in various industries for a long time (Karim & Bhat, 2008). Gelatin is extracted from the partial hydrolysis of skin collagen, white connective tissue, and animal bones. One of the problems with using gelatin in dairy desserts is the instability at ambient temperature. Therefore, it is necessary to evaluate the characteristics of other native hydrocolloids as an alternative. Tragacanth is a dried gum secreted from several plant species and Iran is the largest exporter in the world. Structurally, the material is regular, odorless and hard. It can be used in various food products. The simultaneous utilization of hydrocolloid mixtures is used to create a synergistic property and to improve these products. Starch originated from a variety of sources , including corn, rice, wheat, potatoes, cassava, bananas, and sorghum (Murphy, 2000) is used in the food industry. Among the sources of starch production, wheat is cultivated in large quantities in Iran.

Materials and Methods

In this study, pasteurized milk was purchased from Salamat Dairy Products Company, gelatin made in Pakistan, tragacanth gum and Gonabad wheat starch were purchased from Kian Shimi Company and sugar and vanilla were purchased from confectionery stores located in Mashhad. Ingredients for dessert production include 80% milk, 10% sugar, 0.1% vanilla, tragacanth gum at concentrations of 1.3%, 1%, and 0.7% and starch at concentrations of 3% , 2%, and 1% by weight (powder selection) according to the method of Tarrega et al. 2004 with a slight modification. A sample containing 1.5% gelatin was considered as a control sample. The mixture was heated to 90 ° C for 20 minutes, stirring at medium speed. The samples were then placed in special containers and cooled to ambient temperature. Prior to testing, the samples were refrigerated (4-5 ° C) for 24 hours. The samples were coded based on the concentration of gum and starch (: T% of tragacanth gum and: S% of wheat starch).

Results and Discussion

The flow behavior in all dairy dessert samples was similar to the control and was pseudoplastic type. The Power model was selected as the best model (R <98, RMSE> 1.6). As the concentrations of tragacanth gum and wheat starch increased, the parameters of hardness, consistency, adhesion and adhesion strength increased significantly, and the samples 0.7T2S, 0.7T3S and 1T, 1S had the same value in terms of all textural parameters. At constant concentration of starch, with increasing tragacanth gum from 0.7% to 1.3%, the rate of syneresis of samples decreased from 0.34% to

1 and 2- M.Sc. and Associate Professor, Department of Food Science and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: mtaghizadeh@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.2022.74110.1120

0.06% and at constant concentration of gum, with increasing concentration of wheat starch, Syneresis decreased significantly from 0.34 to 0.24%. Increasing the shelf life of the samples naturally led to an increase in syneresis. In the samples 0.7T3S, 1T3S, 1T2S, and 1.3T3S, the increase of syneresis occurred to a lesser extent.. According to the results of analysis of variance, the effect of gum on zeta potential was very significant ($p < 0.05$). Increasing the concentration of hydrocolloids in most samples led to an increase in the amount of negative charge and zeta potential. In most samples, at a constant concentration of tragacanth gum, with increasing the concentration of wheat starch from 1% to 3%, the span decreased, while at a constant concentration of starch, the increase in tragacanth gum from 0.7% 0 to 1.3% led to increase the span. Among the dairy dessert samples, 5 dairy dessert samples include: 0.7T2S, 0.7T3S, 0.7T1S, 1T2S and 1.3T1S, were selected the best in terms of physical and rheological characteristics to the control sample. They were more similar, selected and used for sensory evaluation. The results of comparing the mean of the data showed that different concentrations of tragacanth gum and wheat starch had a significant effect on the sensory characteristics of the samples including: color, flavor, sweetness, adhesion, gum state and overall acceptance ($P > 0.05$) and increasing the concentration of tragacanth gum and wheat starch had no significant effect on other sensory properties ($p > 0.05$).

Conclusion

In general, due to the similarities of the physical, rheological and sensory properties of the treatment samples with the control, 1S1T sample was selected as the most suitable sample to replace the sample containing gelatin.

Keywords: Dairy dessert, Rheological properties, Physicochemical properties, Tragacanth

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 19, No. 2, May-June 2023, p. 291-309

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۹، شماره ۲، خرداد - تیر ۱۴۰۲ ص. ۳۰۹-۲۹۱

مقاله پژوهشی

اثر صمغ کتیرا و نشاسته گندم به عنوان جایگزین ژلاتین بر خصوصیات رئولوژیکی، فیزیکی و حسی دسر لبنی

فاطمه یوسف‌زاده[۱]– مسعود تقی‌زاده[۲]*

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۹/۱۹
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۱/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۱۰

چکیده

در این پژوهش، اثر سطوح جایگزینی صمغ کتیرا (۰/۷، ۱ و ۱/۳ ٪) و نشاسته گندم (۱، ۲ و ۳ ٪) به عنوان جایگزین ژلاتین بر خصوصیات رئولوژیکی، فیزیکی و حسی دسر لبنی ارزیابی شد. آزمون‌های رئولوژیکی شامل ویسکومتری و بافت‌سنجی، آزمون‌های فیزیکی شامل سینرسیس، پتانسیل زتا و توزیع اندازه ذرات و آزمون حسی به روش ارزیابی حسی توصیفی انجام شد. نتایج داده‌های رئولوژیکی نشان داد همه نمونه‌ها رفتار شل شونده با برش داشتند. در توصیف رفتار جریان مستقل از زمان نمونه‌ها مدل قانون توان به عنوان بهترین مدل انتخاب شد (R^2 >۹۸، RMSE<۱/۶). با توجه به نتایج حاصل از آزمون بافتی، مقدار سختی در نمونه دارای ۰/۷ ٪ صمغ کتیرا و ۳ ٪ نشاسته گندم به میزان ۳۹۷/۵۵ گرم نزدیک‌ترین مقدار به نمونه شاهد (میزان سختی حدود ۴۰۴/۵ گرم) گزارش شد. میزان چسبندگی در نمونه شاهد حاوی ٪۱/۵ ژلاتین، ۴/۶۵ میلی ژول بود که با مقدار چسبندگی در نمونه حاوی ۱٪ صمغ کتیرا و ۱٪ نشاسته گندم (۴/۰۵ میلی ژول) تقریبا مشابه می‌باشد. سینرسیس در نمونه‌ها با افزایش میزان صمغ و نشاسته کاهش یافت و پس از ۱۴ روز نگهداری در یخچال، افزایش یافت. در بین نمونه‌ها، به ترتیب نمونه‌های ٪۰/۷ صمغ کتیرا و ٪۳ نشاسته، ٪۱ صمغ کتیرا و ٪۱ نشاسته و ٪۰/۷ صمغ کتیرا و ٪۲ نشاسته از نظر ویژگی‌های حسی به نمونه شاهد، شباهت داشتند. با بررسی نتایج خصوصیات رئولوژیکی، فیزیکی و حسی تمام نمونه‌ها و مقایسه آن‌ها با نمونه شاهد، مشاهده شد که نتایج نمونه حاوی ٪۱ صمغ کتیرا و ٪۱ نشاسته در اکثر آزمون‌های اندازه‌گیری شده، شباهت بیشتری به نمونه شاهد داشت.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات رئولوژیکی، دسر لبنی، ژلاتین، صمغ کتیرا

مقدمه

امروزه مصرف شیر و فراورده‌های آن به عنوان یکی از شاخص‌های توسعه جوامع انسانی مطرح است. تحقیقات مستمر در مورد مصرف فراورده‌های لبنی نشان می‌دهد که همبستگی بالایی بین مصرف این فراورده‌ها و سطح سلامتی افراد جامعه به لحاظ کارایی و ضریب هوشی وجود دارد. شواهد کافی و قانع کننده نشان می‌دهد که فراورده‌های لبنی تاثیر قطعی در حفظ سلامت، بقا و طول عمر دارند (Kahani *et al*., 2007). طی سال‌های اخیر تلاش‌های زیادی چه از طرف بخش صنعت و چه از طرف سازمان های متولی بهداشت و سلامت جامعه در جهت افزایش سطح آگاهی مصرف‌کنندگان در خصوص مصرف شیر و فراورده‌های لبنی صورت گرفته است، از طرف دیگر به منظور ارتقای سلامت کودکان و تامین کلسیم و مواد مغذی مورد نیاز بدن آن‌ها و پیشگیری از اثرات مخرب بیماری پوکی استخوان در بزرگسالی و ایجاد جذابیت در مصرف این محصولات، نیاز به تدابیر لازم جهت افزایش مصرف شیر در جامعه و افزایش تنوع در این محصولات است (,Keshtkaran

۱ و ۲– دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار، گروه علوم و صنایع غذایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
(*– نویسنده مسئول: Email: mtaghizadeh@um.ac.ir)
DOI: 10.22067/ifstrj.2022.74110.1120

(Mohammadifar, Asadi, Nejad, and Balaghi, 2013).

دسرهای لبنی یکی از مشتقات فرآورده‌های لبنی و محصولات شیرینی هستند که با به کاربردن عوامل ژل‌کننده یا تثبیت‌کننده مناسب، تغلیظ می‌شوند. هدف از تولید این دسرهای لبنی، ایجاد تنوع در سبد کالای مردم، توسعه محصولات لبنی و به وجود آوردن لذت از طریق حواس است. ژلاتین به عنوان یکی از عوامل ژل کننده در دسرهای لبنی، هیدروکلووئیدی با خواص عملکردی منحصر به فرد است و مدت زیادی است که در صنایع مختلف کاربرد دارد (Karim and Bhat, 2008). ژلاتین از هیدرولیز جزئی کلاژن پوست، بافت همبند سفید و استخوان حیوانات استخراج می‌شود. منابع عمده ژلاتین تجاری، استخوان و پوست خوک و گاو می‌باشد که دلیل آن قیمت ارزان این منابع می‌باشد (BahramParvar, Razavi, and Khodaparast, 2010). یکی از مشکلات استفاده از ژلاتین در دسرهای لبنی عدم پایداری در دمای محیط است. به همین جهت نیاز است، ویژگی‌های سایر منابع هیدروکلوئیدی بومی کشور ارزیابی شود. کتیرا ترشحات صمغی خشک شده از چندین گونه گیاه گون است و ایران بزرگ‌ترین صادرکننده آن در جهان است. از لحاظ ساختاری ماده‌ای بدون شکل ظاهری منظم، بدون بو و سخت می‌باشد. کتیرا به سرعت در آب سرد و گرم متورم شده و رفتار سودوپلاستیک داشته و با توجه به دارا بودن ثبات نسبی آن در برابر حرارت، اسیدیته و طول مدت نگهداری می‌تواند در محصولات غذایی مختلف استفاده شود. اکثر مواقع استفاده همزمان از مخلوط هیدروکلوئیدها به جهت ایجاد خاصیت هم افزایی در جهت بهبود این محصولات به کار گرفته می شود. گندم یکی از پرمصرف‌ترین غلات جهان می باشد که سالانه بیش از ۷۱۳ میلیون تن را به خود اختصاص می دهد (Schrieber and Gareis, 2007). نشاسته در صنعت غذا از منابع مختلفی شامل ذرت، برنج، گندم، سیب‌زمینی، کاساوا، موز و سورگوم بدست می آید (Murphy, 2000). از بین منابع تولید نشاسته، گندم به مقدار زیاد در کشور ایران کشت می‌شود. میزان تولید گندم در کشور در سال ۲۰۱۹ به ۱۶ میلیون و ۸۰۰ تن رسیده است (FAO, 2020) و میزان نشاسته تولیدی در ایران به طور متوسط ۴۵۰ هزار تن در سال می باشد. گرانول‌های نشاسته گندم از دو پلیمر آمیلوز و آمیلوپکتین تشکیل شده‌اند که مسئول عملکردها و رفتارهای نشاسته هستند. نشاسته گندم به‌عنوان ماده اولیه در دسترس و ارزان قیمت (Dengate, 1984) در حوزه صنایع غذایی به‌عنوان قوام دهنده در سوپ‌ها، پُر کننده، بافت دهنده و نگهدارنده رطوبت در کیک‌ها و فرآورده‌های گوشتی، تشکیل ژل در ژله‌ها، پایدار کننده و جایگزین چربی در غذاهای بر پایه نشاسته به کار می‌رود (Maningat *et al.*, 2009; Mason, 2009). نشاسته به طور وسیعی در فرمولاسیون مواد غذایی به منظور بهبود ویسکوزیته، پایداری و بافت مواد غذایی کاربرد دارد. تاکنون تحقیقات فراوانی بررسی اثر هیدروکلوئیدها بر فراورده‌های لبنی مختلف را مورد ارزیابی قرار دادند. کشتکاران و همکاران اثر دو نوع مختلف صمغ کتیرا، گونه *Astragalus rahensis* و *Astragalus gossypinus* را بر خصوصیات فیزیکی و رئولوژیکی نوعی نوشیدنی شیری بررسی نمودند (Keshtkaran *et al.*, 2013). ارزیابی داده‌های حسی و رئولوژیکی و دستگاهی نشان دادند که با استفاده از نوع و غلظت مناسب صمغ کتیرا در نوشیدنی شیری می‌توان بافت و احساس دهانی مطلوب را ایجاد نمود. در تولید نوشیدنی بر پایه صمغ طبیعی کتیرا بهترین میزان و نوع صمغ، صمغ کتیرا گونه *Astragalus gossypinus* و غلظت ۰/۲٪ گزارش نمودند. گل محمدی و همکاران تاثیر افزودن صمغ‌های قدومه شیرازی و کتیرا را روی سینرسیس سس کچاپ با هدف بهبود کیفیت ارزیابی نمودند. در این پژوهش دو هیدروکلوئید ایرانی قدومه شیرازی و کتیرا در غلظت‌های ۰/۵، ۱ و ۱/۵ درصد وزنی استفاده شد. سپس کچاپ‌های حاوی غلظت‌های مختلف هیدروکلوئید به لحاظ سینرسیس در زمان‌های ۲ و ۹۲ روز پس از نگهداری با نمونه کنترل مورد مقایسه قرار گرفت و تاثیر هیدروکلوئید در سینرسیس نمونه‌ها بررسی شد. طبق نتایج میزان سینرسیس نمونه‌های حاوی هیدروکلوئید کم‌تر از نمونه شاهد بود و با افزایش غلظت صمغ و زمان نگهداری مقدار سینرسیس به طور چشمگیری کاهش یافت و همچنین استفاده از این هیدروکلوئیدها به منظور کاهش آب اندازی، افزایش قوام مطلوب و بهبود خواص بافتی سس کچاپ مفید بوده است (Golmohammadi *et al.*, 2014). با ارزیابی اثر پلی ساکاریدهای با بار یونی مختلف بر خصوصیات رئولوژیکی، ساختاری، بافت و ظرفیت نگهداری آب در ژل‌های شیری، نتایج نشان دادند که نمونه‌های حاوی صمغ زانتان و نشاسته شباهت بیشتری به نمونه حاوی ژلاتین داشتند (Pang *et al.*, 2015). فرهمندفر و همکاران اثر صمغ دانه‌های ریحان، شاهی و به را بر خصوصیات رئولوژیکی و بافتی خامه هم زده ارزیابی کردند. افزودن صمغ و افزایش غلظت آن باعث کاهش سیالیت مواد شد که اتصال مولکول‌های هیدروکلوئید با صمغ‌ها منجر به افزایش مقاومت به جریان نمونه‌ها شد. به طور کلی نمونه‌های پرچرب سختی بیشتری داشتند که علت آن افزایش ویسکوزیته آنها نسبت به نوع کم‌چرب بود. چسبندگی نمونه‌ها نیز همانند پارامتر سختی با افزایش غلظت صمغ‌ها افزایش یافت (Farahmandfar, Asnaashari, Salahi, and Rad, 2017). در پژوهشی اثر صمغ زانتان و ژلاتین اصلاح شده ماهی، بر خصوصیات رئولوژیکی ماست هم زده ارزیابی شد، نتایج نشان داد که ژلاتین اصلاح شده و صمغ زانتان یک جایگزین امیدوارکننده برای ژلاتین

پستانداران در ماست هم زده است (Yin *et al*., 2021). مطالعات بسیاری در خصوص اثر سینرژیستی استفاده از صمغ‌ها در مواد غذایی مختلف، خصوصا در دسرهای لبنی وجود دارد (Reis *et al*., 2011 ; Lazaridou *et al*., 2014;Toker *et al*., 2013). با توجه به اثر سینرژیستی هیدروکلوئیدها بر خواص ژلاتیناسیون نشاسته کاربرد ترکیب صمغ کتیرا و نشاسته گندم به عنوان جایگزین ژلاتین پیشنهاد شد. از آنجایی که تاکنون اثر صمغ کتیرا و نشاسته گندم بر خصوصیات رئولوژیکی، فیزیکی و حسی دسر لبنی بررسی نشده است و به منظور استفاده از منابع قوام دهنده صمغ و نشاسته گندم که به صورت فراوان در داخل کشور وجود دارند و عدم واردات قوام‌دهنده های تجاری و ایجاد صرفه اقتصادی، اهداف کلی مطالعه حاضر ارزیابی تأثیر سطوح مختلف جایگزینی مخلوط صمغ کتیرا (۰/۷، ۱ و ۱/۳٪) و نشاسته گندم (۱، ۲ و ۳٪) بر خصوصیات رتولوژیکی، فیزیکی و حسی دسر لبنی و مقایسه آن‌ها با دسر لبنی حاوی ژلاتین می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش شیر پاستوریزه از شرکت فراورده‌های لبنی سلامت، ژلاتین ساخت پاکستان، صمغ کتیرا (شامل کل بخش محلول و نامحلول) و نشاسته گندم از شرکت کیان شیمی و شکر و وانیل از فروشگاه‌های لوازم قنادی واقع در مشهد خریداری شد. نمونه‌های دسر لبنی بر مبنای فرمولاسیون دسرهای لبنی تجاری با اندکی تغییرات در اثر مخلوط کردن ذرات جامد شکر، وانیل، صمغ کتیرا و نشاسته گندم و شیر در یک مخلوط کن پودینگ (National Mj-176 NR, japan) تهیه شدند. ترکیبات شامل ۸۰٪ شیر (۲/۵ درصد چربی)، ۱۰٪ شکر، ۰/۱٪وانیل، صمغ کتیرا در غلظت‌های ۱/۳٪ و ۱، ۰/۷ و نشاسته در غلظت‌های ۳٪ و ۲، ۱ درصد وزنی_وزنی بصورت پودری (انتخاب غلظت‌ها براساس روش تارگا و همکاران (Tarrega *et al*., 2004) با اندکی تغییرات) و به طور کامل جایگزین ژلاتین گردید و در انتها جهت رسیدن تا حجم ۱۰۰ سی‌سی، از آب دیونیزه استفاده شد. نمونه حاوی ۱/۵٪ ژلاتین به عنوان نمونه شاهد در نظر گرفته شد. مخلوط (دیسپرسیون) به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۹۰ درجه سانتیگراد حرارت داده شد و هم زدن در این بازه با سرعت متوسط (درجه ۶) همزمن صورت پذیرفت. سپس نمونه‌ها در ظروف مخصوص قرار گرفت و تا دمای محیط سرد شدند. قبل از انجام آزمایش‌ها نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در یخچال (۵-۴ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شدند. کدگذاری نمونه‌ها بر اساس غلظت صمغ و نشاسته صورت گرفت (T:٪ صمغ کتیرا و S: ٪ نشاسته گندم).

آزمون‌ها

آزمون رئولوژیکی

جهت اندازه‌گیری خصوصیات رئولوژیکی از ویسکومتر بوهلین (Bohlin Model Visco 88, Bohlin Instruments Cirencester Gloucestershire, UK) مجهز به سیرکولاتور حرارتی استفاده می‌شود. اسپیندل استوانه‌ای مناسب (C30) براساس ویسکوزیته مخلوط انتخاب شد (Bahram Parvar, 2010). حجم مناسبی از هر نمونه درون کاپ (مخزن دستگاه) ریخته شد. ابتدا نمونه‌ها جهت یکنواخت شدن و تخریب ساختار تحت درجه برش ۵۰ (1/s) به مدت ۵ دقیقه قرار گرفتند سپس سرعت برشی به‌صورت لگاریتمی در دامنه (1/s) ۱۴–۶۰۰ و دمای ۴ درجه سانتی‌گراد به نمونه‌ها اعمال گردید. داده‌های تنش برش - درجه برش توسط مدل‌های مستقل از زمان، قانون توان (رابطه ۱) و مدل کسون (رابطه ۲) برازش شد:

$$\tau = k_p \dot{\gamma}^{n} \quad (۱)$$

در این معادله k_p ضریب قوام قانون توان ($Pa.s^n$) و n شاخص رفتار جریان است.

$$\tau^{0.5} = k_{0C} + k_C \dot{\gamma}^{0.5} \quad (۲)$$

در این معادله k_{0C} ($Pa^{0.5}$) و k_C $(Pa.s)^{0.5}$ ثابت‌های مدل کسون هستند. درصورتی‌که توان دوم این ثابت‌ها محاسبه شود می‌توان به ترتیب تنش تسلیم کسون τ_{0C} (Pa) و ویسکوزیته پلاستیک کسون η_c (Pa.s) را به دست آورد.

بافت‌سنجی

برای اندازه گیری خصوصیات بافتی نمونه دسر لبنی از دستگاه بافت‌سنج (Brookfield CT3-10Kg, US) استفاده شد، قبل از انجام آزمون نمونه‌ها از یخچال خارج گردیده و وزن ثابتی از نمونه مورد آزمون قرار گرفتند. در آنالیز بافت نمونه‌ها از آزمون اکستروژن پسرو[1] استفاده شد، نمونه‌ها جهت انجام آزمون اکستروژن پسرو در ظروف پلاستیکی به قطر ۲۹ میلی‌متر و ارتفاع ۱۶ میلی‌متر ریخته و پس از خنک شدن درب بندی شدند، آزمون اکستروژن پسرو توسط پروب استوانه ای با قطر ۲۵/۴ میلی‌متر با سرعت ۱ میلی‌متر بر ثانیه تا ۵۰٪ تغییر شکل انجام شد و پارامترهای سختی، قوام، چسبندگی و نیروی چسبندگی ثبت گردید.

سینرزیس

سینرزیس(آب‌اندازی) با استفاده از روش پیشنهاد شده توسط کوگ و کندی (1998) انجام شد. برای این منظور ۱۰ گرم نمونه در

1- Back extrusion

لوله‌های سانتریفوژ قرار داده شد و با سرعت ۵۷۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه و با دمای ۴ درجه سانتیگراد سانتریفوژ شدند. مقدار سوپرناتانت به دست آمده وزن و به عنوان سینرزیس بیان گردید.

اندازه‌گیری پتانسیل زتا و توزیع اندازه ذرات

آنالیز پتانسیل زتا امکان درک شکل‌گیری و پایداری کلوئیدهای تشکیل شده توسط برهمکنش‌های الکترواستاتیکی بین پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها با بار مخالف را فراهم می‌کند. پتانسیل زتا در نمونه‌های دسر لبنی با استفاده از دستگاه اندازه‌گیری پتانسیل زتا (CAD, Zeta Compact-France) و توزیع اندازه ذرات دسر لبنی با استفاده از روش انکسار نور لیزر با کمک دستگاه آنالیز اندازه ذرات (cordouan, vasco3, france) تعیین شد. ابتدا ۰/۲ گرم از نمونه دسر لبنی توسط آب مقطر درون لوله آزمایش رقیق و سپس برای همگن شدن توسط اولتراسوند با شدت ۲۰ کیلوهرتز به مدت ۲ دقیقه اولتراسوند شد (Torres *et al.*, 2010). سپس ذرات دسر لبنی با غلظت ۰/۰۱ که غلظت مناسب برای دستگاه است، به درون مخزن آب دستگاه انکسار نور لیزر وارد شد. امولسیون دسر لبنی موجود در مخزن به طور مداوم توسط دستگاه به هم زده شد تا از یکنواختی آن اطمینان حاصل گردد. پس از این مرحله نمونه به داخل محفظه لیزر منتقل شد، سپس پتانسیل زتا و توزیع اندازه ذرات آن تعیین گردید.

(۳) اسپان[1] (شاخص پراکندگی ذرات)

$$\text{span} = \frac{d(v,90)-d(v,10)}{d(v,50)}$$

d(v,10) و d(v,50)، d(v,90) به ترتیب قطرها در ۱۰، ۵۰ و ۹۰ درصد منحنی تجمعی است.

ارزیابی حسی

به منظور مقایسه کیفیت دسر لبنی تولید شده بر پایه نشاسته و صمغ کتیرا و مقایسه آن با سایر نمونه‌های دسر لبنی تولید شده در صنعت لبنیات از روش ارزیابی حسی توصیفی استفاده شد. ارزیابی حسی طی چند مرحله در آزمایشگاه و مرکز پیشرفته ارزیابی حسی و شناختی مواد غذایی واقع در دانشگاه فردوسی انجام شد. طی دو جلسه آموزشی ۲ ساعته، تعداد ۱۰ نفر شامل ۵ آقا و ۵ خانم در رده سنی۳۰-۲۰ سال، ۱۰ ویژگی حسی را که مطابق با نظرات برای نمونه‌های دسر لبنی تعریف شده، مورد بررسی قرار دادند. تعاریف ارائه شده به ارزیاب‌ها در جدول ۱ آورده شده‌است. به طور معمول نمونه‌ها به صورت تصادفی کدگذاری شدند و به همراه پرسشنامه و سایر مواد مرجع جهت امتیازدهی به ویژگی‌های حسی نمونه‌ها، در اختیار هر ارزیاب قرار گرفت. ارزیابان هر ویژگی را در خطی ۵ سانتی‌متری ارزیابی نمودند که به ازای هر ۰/۵ سانتی‌متر ۱ امتیاز داده می‌شود و ضعیف‌ترین امتیاز ۱ و شدیدترین صفت ۱۰ در نظر گرفته شد.

1- Span

طرح آزمایشی و آنالیز آماری

جهت بررسی اثر ترکیبی ۹ تیمار غلظتی و نمونه حاوی ۱/۵ ٪ ژلاتین به عنوان نمونه شاهد، صمغ کتیرا (در سطوح ۰/۷، ۱ و ۱/۳ ٪) و نشاسته گندم (در سطوح ۱، ۲ و ۳ ٪) بر خصوصیات رئولوژیکی و فیزیکوشیمیایی از طرح کاملا تصادفی در قالب فاکتوریل و در ۲ تکرار استفاده شد. تجزیه و تحلیل نتایج آماری توسط آنالیز واریانس (ANOVA) صورت گرفت و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن (Duncan) در سطح احتمال ۹۵٪ با نرم افزار آماری SPSS نسخه ۱۶ انجام شد. تعیین همبستگی بین داده‌های حسی و دستگاهی توسط نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۶ و به منظور رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد. برازش مدل‌های رئولوژیکی با استفاده از جعبه ابزار برازش نرم افزار متلب (نسخه ۲۰۱۷ a) انجام شد و بهترین مدل‌ها بر اساس حداقل مقدار خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) و حداکثر ضریب تعیین (R^2) انتخاب شدند.

نتایج و بحث

بررسی خصوصیات رئولوژیکی مستقل از زمان

ویسکوزیته یکی از پارامترهای مهم و تاثیرگذار در ارزیابی محصولاتی نظیر دسرها به شمار می‌رود، همچنین در تعیین فرمولاسیون مناسب و محاسبه فرایندهایی نظیر پمپ کردن و حرارت‌دهی اهمیت بسیاری دارد (Sahin and Ozdemir, 2004). رفتار جریان نمونه‌های دسر در شکل ۱ نشان داده شده است. همان طور که مشاهده می‌شود ویسکوزیته ظاهری در همه نمونه‌ها با افزایش درجه برش در دامنه ($14\text{-}600\ s^{-1}$) کاهش یافته است، که نشان دهنده رفتار شل شونده با برش در نمونه‌ها می‌باشد. افزایش ویسکوزیته ظاهری در درجه برش‌های پایین به علت توزیع نامنظم مولکولی و برهمکنش بین مولکول‌ها می‌باشد. با افزایش درجه برش آرایش مولکول‌ها به یکدیگر شبیه و منظم‌تر می‌شود و به دلیل کاهش اصطکاک و برهمکنش بین مولکول‌ها ویسکوزیته ظاهری با افزایش درجه برش کاهش می‌یابد (Javidi and Razavi., 2012). از آن‌جا که بیشترین اتصالات مولکولی در ابتدای اعمال درجه برش شکسته می‌شوند کاهش ویسکوزیته ظاهری در شروع آزمون شدیدتر بوده و به تدریج کاهش یافته تا جایی که تقریبا ثابت می‌گردد (Javidi and Razavi., 2016). در شکل ۱ مشاهده می‌شود که شبیه‌ترین منحنی‌ها از نظر ویسکوزیته ظاهری با نمونه شاهد مربوط

به نمونه‌های 1T1S و 0.7T2S (T:٪ صمغ کتیرا و S: ٪ نشاسته گندم) بود. به این ترتیب نتایج مدل‌سازی به شرح زیر ارائه شده‌است.

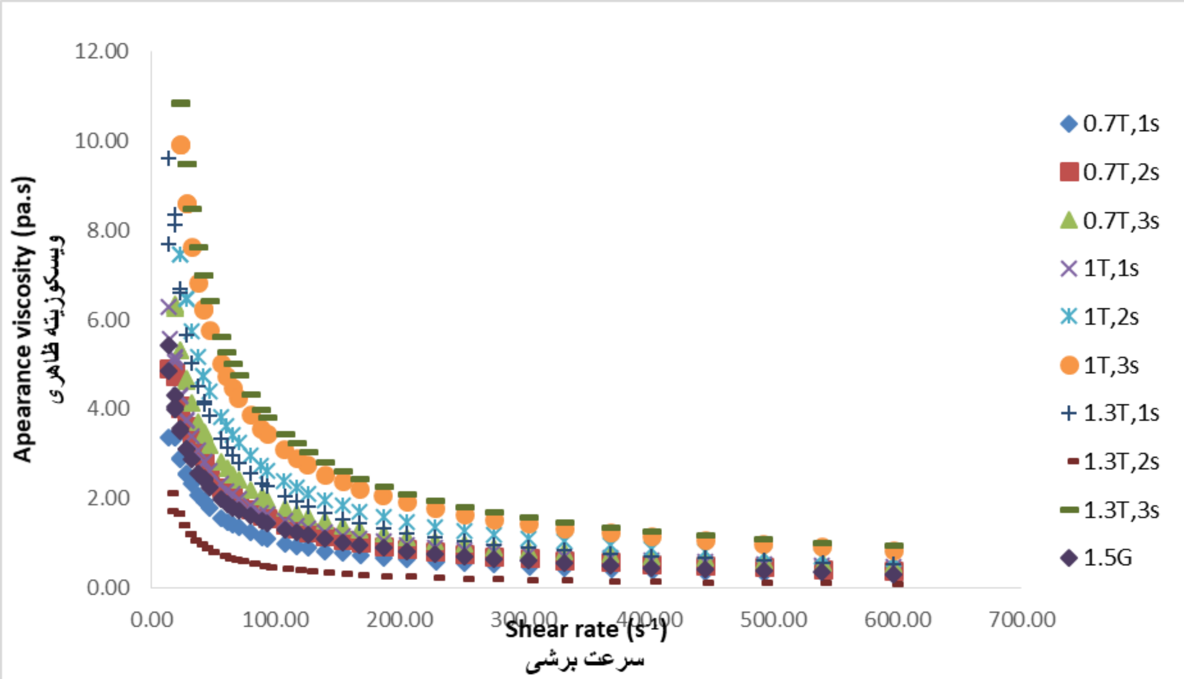
مدل قانون توان

در بین مدل‌های رئولوژیکی استفاده شده، مدل قانون توان به عنوان بهترین مدل انتخاب شد (R^2 >۹۸، RMSE<۱/۶). پارامترهای محاسبه شده مدل قانون توان در جدول ۲ ارائه شده است. مشاهده می‌شود که شاخص رفتار جریان (n_p) در نمونه‌های دسر لبنی از نوع رفتار جریان غیر نیوتنی و سودوپلاستیک (n<۱) است، رفتار سودوپلاستیک در نمونه‌های مشابه دسر لبنی در پژوهش‌های Doublier and Durand, 2008 ، Tarrega *et al.*, 2011) (Karaka *et al.*, 2008 مشاهده شده‌است. وجود رفتار شل شوندگی با برش در تسهیل فرایند پمپ کردن، ایجاد بافت مناسب و احساس دهانی مطلوب در فراورده غذایی اثر مهمی دارد. محدوده شاخص رفتار جریان در نمونه‌های دسر لبنی حاوی صمغ کتیرا و نشاسته گندم بین ۰/۲۰ تا ۰/۳۶ بود. صمغ کتیرا و نشاسته گندم اثر معنی‌داری بر شاخص رفتار جریان نمونه‌ها نداشت. شاخص رفتار جریان با افزایش غلظت نشاسته به ۰/۲۰کاهش یافت در حالی که افزایش غلظت صمغ کتیرا به طور نامنظمی موجب کاهش آن شد.

جدول ۱- تعریف پارامترهای مربوط به ارزیابی حسی برای مواد جامد و نیمه جامد
Table 1- Definition of sensory evaluation parameters for solid and semi-solid materials

ویژگی Property	تعریف Definition	نمونه مرجع Reference sample
Color[1] رنگ	شدت سفیدی نمونه مورد نظر نسبت به شیر The intensity of whiteness of the target sample compared to milk	شیر پاستوریزه سلامت Healthy pasteurized milk
Aroma and taste[2] عطر و طعم	شدت عطر و طعم وانیلی که طی مصرف دسر لبنی در دهان رهایش می‌یابد The intensity of the vanilla flavor that is released in the mouth during the consumption of dairy dessert	وانیل vanilla
Appearance smoothness[3] صافی ظاهر	میزان صافی مشاهده شده در سطح نمونه The degree of smoothness observed on the surface of the sample	خامه صبحانه میهن Mihan breakfast cream
Sweetness[4] شیرینی	شیرینی احساس شده طی مصرف دسر لبنی The sweetness felt during the consumption of dairy dessert	نمونه تجاری دسر لبنی dairy dessert commercial
Adhesiveness[5] چسبندگی	میزان احساس چسبندگی در دسر لبنی طی مصرف The degree of stickiness in dairy dessert during consumption	پنیر خامه ای میهن Mihan cream cheese
guminess[6] حالت صمغی	میزان نیروی مورد نیاز برای قابلیت بلع نمونه در دهان The amount of force required to be able to swallow the sample in the mouth	پنیر خامه ای میهن Mihan cream cheese
mouth cover[7] پوشش دهانی	بیشترین میزان لایه باقی مانده از نمونه در دهان بعد از بلع The maximum amount of the remaining layer of the sample in the mouth after swallowing	خامه صبحانه میهن Mihan cream cheese
Hardness[8] سفتی	نیروی مورد نیاز برای تغییر شکل نمونه یا قاشق زنی آن The force required to change the shape of the sample or spoon it	پنیر محلی رامک Ramak local cheese
General acceptance[9] پذیرش کلی	پذیرش نهایی نمونه دسر لبنی نسبت به انواع تجاری آن The final acceptance of dairy dessert sample compared to its commercial types	نمونه تجاری دسر لبنی dairy dessert commercial

1 Color
2 Aroma and taste
3 Appearance smoothness
4 Sweetness
5 Adhesiveness
6 guminess
7 Oral coverage
8 Hardness
9 General acceptance



شکل ۱- رفتار جریان (رابطه ویسکوزیته ظاهری با سرعت برش) نمونه‌های دسر لبنی در حضور درصدهای مختلف صمغ کتیرا و نشاسته گندم با نمونه کنترل (۱/۵ درصد ژلاتین) در دمای ثابت ٤°C، T صمغ کتیرا و S نشاسته گندم

Fig. 1- Flow behavior (relationship between apparent viscosity and cutting speed) of dairy dessert samples in the presence of different percentages of Tragacanth gum and wheat starch with the control sample (1.5% gelatin) at a constant temperature of 4°C, T of katira gum and S of wheat starch

می‌توان علت روند نامنظم در شاخص رفتار جریان نمونه‌ها را به ناهمگن بودن نمونه‌ها (عدم توزیع یکنواخت اندازه ذرات در دسر لبنی) در غلظت‌های مختلف مربوط دانست. توماس و همکاران (Thomas *et al.*, 2009) مقدار شاخص رفتار جریان در نمونه‌های دسر لبنی حاوی شیر و انواع مختلف اینولین را در محدوده ۰/۴۰-۰/۲۰ گزارش کردند. مقادیر شاخص رفتار جریان کم‌تر نشان‌دهنده طبیعت سودوپلاستیک بیشتر است. شاخص رفتار جریان در اکثر نمونه‌ها بیشتر از نمونه شاهد بود و در نمونه‌های ۳S, ۰/۷T و۲S, ۱T مشابه با نمونه شاهد حاوی ژلاتین بود. ضریب قوام مربوط به ویسکوزیته ماده غذایی در دامنه‌ای از درجه برش است و روند تغییرات آن نوع رفتار ویسکوزیته در مقابل درجه برش را نشان می‌دهد. با توجه به نتایج این پژوهش با افزایش غلظت‌های صمغ کتیرا و نشاسته گندم به طور معنی‌داری ضریب قوام افزایش یافت، که این افزایش روند نامنظمی را نشان می‌دهد. در بین نمونه‌ها نزدیک‌ترین مقدار به ضریب قوام نمونه شاهد مربوط به نمونه‌های ۲S, ۱T و ۱S, ۱/۳T بود. افزایش درصد صمغ و نشاسته به دلیل افزایش مولکول‌های با وزن مولکولی بالا و افزایش مقاومت به جریان منجر به افزایش ضریب قوام می‌شود. ضریب قوام در نمونه شاهد ($Pa.s^n$) ۴۳/۷۱ بود و با افزایش غلظت‌های صمغ کتیرا و نشاسته گندم به ۱۶۸/۸۵ ($Pa.s^n$) افزایش یافت. در پژوهش‌های نجاتیان و همکاران (Nejatian *et al.*, 2015)، فرضی و همکاران (Farzi *et al.*, 2013) و آذری کیا و عباسی (Azarikia and Abbasi, 2009) نیز گزارش شد که با افزایش درصد صمغ کتیرا ضریب قوام و شاخص رفتار جریان در نمونه‌های مخلوط صمغ کتیرا و پروتئین شیر، دیسپرسیون صمغ کتیرا و دوغ به ترتیب افزایش و کاهش یافته است (Azarikia and Abbasi, 2009). رضوی و همکاران (Razavi *et al.*, 2008) بیان کردند که با افزایش غلظت صمغ گوار از ۰/۱ به ۰/۲ درصد ضریب قوام نمونه‌های حلوا ارده کم چرب از ۱۷۹/۹ به ۲۲۲/۹ افزایش یافت (Razavi *et al.*, 2008). کاهش شاخص رفتار جریان و افزایش ضریب قوام نیز در دیسپرسیون صمغ زانتان و نشاسته برنج با افزایش غلظت‌های صمغ و نشاسته گزارش نمودند (Kim and Yu, 2006).

جدول ۲- پارامترهای مدل قانون توان جهت توصیف رفتار جریان مستقل از زمان نمونه‌های دسر لبنی با درصدهای مختلف صمغ کتیرا و نشاسته گندم در دمای ثابت 4°C

Table 2- Power law model parameters to describe the time-independent flow behavior of dairy dessert samples with different percentages of Tragacanth gum and wheat starch at a constant temperature of 4°C

کد نمونه Samples	غلظت صمغ(٪) Gum concentration	غلظت نشاسته Starch (٪)	n_p	kP (Pa.sn)	R^2	RMSE
1.5G	0	0	0.25 ± 0.01 ^{BC}	43.71±5.5^{E}	0.90	1.81
0.7T, 1S	0.7	1	0.29± 0.00^{B}	27.18±0.21^{A}	0.96	1.91
0.7T, 2S	0.7	2	0.27 ±0.00 ^{BC}	39.81 ±1.71^{E}	0.98	1.89
0.7T, 3S	0.7	3	0.25±0.05 ^{BC}	49.98 ±0.86^{E}	0.98	1.75
1T, 1S	1	1	0.36± 0.05^{A}	41.5 ±6.85^{E}	0.96	1.07
1T, 2S	1	2	0.25 ±0.00^{BC}	73.64 ±5.67^{D}	0.95	0.99
1T, 3S	1	3	0.26 ± 0.01 ^{BC}	89.26 ±6.56^{C}	0.98	0.93
1.3T, 1S	1.3	1	0.22 ±۰/۰۰^{C}	74.35 ±4.28^{D}	0.94	1.06
1.3T, 2S	1.3	2	0.21±0.00 ^{C}	157.28 ±4.91^{B}	0.94	2.71
1.3T, 3S	1.3	3	0.20 ± 0.00 ^{C}	168.85 ±6.29^{A}	0.98	1.86

.Data in a column with different letters are significantly different from each other (p<0.05)

مدل کسون

با توجه به نتایج حاصل در جدول ۳ مشاهده می‌شود که داده‌های رئولوژیکی با مدل کسون به خوبی برازش شدند (۰/۹۰< R^2، RMSE<۲/۷۱). مدل کسون برای ارزیابی تنش تسلیم ($\tau 0_C$) و ویسکوزیته پلاستیک (η_C) استفاده شد. مدل کسون، مدلی ساختاری جهت بررسی رفتار رئولوژیکی مواد غذایی دارای تنش تسلیم است. طبق تعریف تنش تسلیم حداقل تنش مورد نیاز جهت جریان یافتن ماده می‌باشد و رفتار جامد مانند سیال را نشان می‌دهد (Steffe, 1996 و Taziki Shams-abadi and Razavi, 2021) و با سرازیر شدن، قاشق زنی، پذیرش مصرف کننده و حفظ ساختمان نمونه در ارتباط است. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر صمغ کتیرا و نشاسته گندم بر تنش تسلیم و ویسکوزیته کسون نمونه‌های دسر لبنی معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). تنش تسلیم کسون در نمونه شاهد (۱/۵ درصد ژلاتین) Pa ۷۶/۲۴ بود و با افزایش غلظت‌های صمغ کتیرا و نشاسته گندم به طور معنی‌داری تا Pa ۲۵۷/۰۵ افزایش یافت. ویسکوزیته کسون نیز در نمونه شاهد حدود Pa.s ۰/۰۶ بود و با افزایش غلظت صمغ و نشاسته در نمونه‌ها به طور معنی‌داری تا Pa.s ۰/۵۴ افزایش یافت (p<۰/۰۵). در غلظت ثابت صمغ، با افزایش درصد نشاسته به طور معنی‌داری تنش تسلیم کسون افزایش یافت.

همچنین در غلظت ثابتی از نشاسته افزایش غلظت صمغ کتیرا منجر به افزایش تنش تسلیم شد. اثر هم افزایی صمغ بر ویسکوزیته خمیر نشاسته توسط مکانیسم‌های مختلفی از جمله تعامل بین صمغ و مایع نشت یافته از نشاسته، افزایش غلظت صمغ در فاز پیوسته، تاثیر صمغ بر خصوصیات فیزیکی نشاسته مانند اندازه، شکل و همچنین میزان مایع نشت یافته از گرانول‌های نشاسته بیان شده است (Lai *et al.*, 2003). با قرار گرفتن صمغ در فاز پیوسته (آمیلوز)، حجم این بخش کاهش یافته که باعث افزایش چشمگیر غلظت صمغ در بخش آمیلوز نشاسته شده و در نتیجه موجب افزایش ویسکوزیته می‌شود. والز رویز و همکاران (Vélez-Ruiz *et al.*, 2006)، تارگا و همکاران (Tárrega *et al.*, 2004) نیز گزارش کردند که با افزایش غلظت نشاسته گندم تنش تسلیم کسون در نمونه دسر لبنی افزایش یافت. عنبرانی و همکاران (Anbaranie *et al.*, 2021) گزارش کردند که با افزایش غلظت صمغ دانه مرو، تنش تسلیم کسون و ویسکوزیته کسون در ژل نشاسته گندم افزایش یافت. دلیل افزایش ویسکوزیته و تنش تسلیم با افزایش غلظت صمغ و نشاسته را می‌توان به افزایش اتصالات مولکولی و تغییرات ساختمان مولکولی ناشی از جذب آب مربوط دانست (Javidi and Razavi., 2012).

جدول ۳- پارامترهای مدل کسون جهت توصیف رفتار جریان مستقل از زمان نمونه‌های دسر لبنی حاوی درصدهای مختلف صمغ کتیرا و نشاسته گندم در دمای ثابت ٤°C

Table 3- parameters of Casson model to describe the time-independent flow behavior of dairy dessert samples containing different percentages of Tragacanth gum and wheat starch at a constant temperature of 4°C

کد نمونه Samples	غلظت صمغ(٪) Gum concentration	غلظت نشاسته (٪) Starch	τ_{0C} (Pa)	η_C (Pa.s)	R^2	RMSE
1.5G	0	0	76.24 ±2.07 DF	0.06±0.00E	0.90	1.81
0.7T, 1S	0.7	1	54.94± 2.11DF	0.07±0.00E	0.96	1.91
0.7T, 2S	0.7	2	76.79 ± 3.31 DF	0.08 ±0.007E	0.98	1.89
0.7T, 3S	0.7	3	98.27±0.74C	0.11 ±0.01D	0.98	1.75
1T, 1S	1	1	88.9± 3.81D	0.12 ±0.00CD	0.96	1.07
1T, 2S	1	2	139 ±4.94C	0.12 ±0.0CD	0.95	0.99
1T, 3S	1	3	242.3 ± 6.78 A	0.54 ±0.007A	0.98	0.93
1.3T, 1S	1.3	1	126.85 ±6/71C	0.07 ±0.00A	0.94	1.06
1.3T, 2S	1.3	2	257.05±1.48 A	0.14 ±0.00BC	0.94	2.71
1.3T, 3S	1.3	3	203 ±6.36AB	0.15 ±0.02B	0.98	1.86

داده‌های یک ستون با حروف متفاوت به صورت معناداری با یکدیگر متفاوت هستند ($p<0.05$).

Data in a column with different letters are significantly different from each other (p<0.05)

ویژگی‌های بافتی

بافت یک ویژگی بسیار مهم برای ارزیابی کیفیت محصولات غذایی است و با ساختار داخلی ماده ارتباط بسیار نزدیکی دارد (Perna *et al.*, 2014). آزمون اکستروژن پس‌رو روش سریع، آسان و کم هزینه است، اغلب در ارزیابی بافت مواد مایع و نیمه جامدو چسبنده کاربرد دارد (Paoletti *et al.*, 1995؛ Perrot *et al.*, 2011). ویژگی‌های بافتی نمونه‌های دسر لبنی توسط چهار پارامتر سختی، قوام، چسبندگی و نیروی چسبندگی طی نگهداری در یخچال (۴°C) ارزیابی شدند. با توجه به نتایج ذکر شده در جدول ۴، افزودن صمغ کتیرا و نشاسته گندم پارامترهای بافتی به جز پارامتر قوام را به طور معنی‌داری افزایش داد. سختی نیروی لازم برای تغییر شکل نمونه یا مقاومت به تغییر شکل در برابر نیروهای فشاری اعمال شده می‌باشد. طبق تعریف، سختی نیروی لازم برای تغییر شکل نمونه یا مقاومت به تغییر شکل در برابر نیروهای فشاری اعمال شده می‌باشد (Szczesniak, 2002). همچنین سختی حداکثر میزان نیرو در منحنی‌های زمان _سرعت برشی طی فشرده‌سازی ماده غذایی که عملکرد فک را تقلید می‌کنند، تعریف شده‌است (Bourne, 2002؛ Taziki Shams-abadi and Razavi, 2021). سختی و قوام همبستگی مثبتی با یکدیگر دارند، بنابراین با افزایش غلظت صمغ کتیرا و نشاسته گندم پارامترهای سختی و قوام افزایش یافتند. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر نشاسته بر پارامتر سختی معنی‌دار بود. در غلظت ثابت از صمغ با افزایش غلظت نشاسته از ۱٪ به ۳٪ سختی در نمونه‌ها افزایش یافت. افزایش غلظت صمغ کتیرا از ۰/۷٪ تا ۱/۳٪ نیز باعث افزایش در سختی نمونه‌ها شده است. مقدار سختی در نمونه دارای ۰/۷٪ صمغ کتیرا و ۳٪ نشاسته گندم (g) ۳۹۷/۵۵ به دست آمد که نزدیک‌ترین مقدار به نمونه شاهد (میزان سختی حدود (g) ۴۰۴/۵) یافت شد. سختی ژل می‌تواند مربوط به محتوای نشاسته باشد، می‌توان بیان کرد که افزایش سختی در نمونه‌های دسر لبنی به علت بازآرایی آمیلوز نشت یافته از گرانول‌های نشاسته می‌باشد (Sandhu & Singh, 2007). کومار و همکاران (Kumar *et al.*, 2018) مشاهده نمودند که در مخلوط‌های نشاسته جو و کنسانتره پروتئین آب پنیر با کاهش غلظت‌های نشاسته سختی کاهش می‌یابد که در واقع این مسئله می‌تواند به علت حضور پروتئین‌ها در فاز پیوسته و توانایی آن‌ها در کاهش بازآرایی آمیلوز نشت یافته از گرانول‌های نشاسته باشد و موجب نرم‌تر شدن ژل نشاسته می‌شوددر مورد پارامتر قوام تنها اثر نشاسته بسیار معنی‌دار بود ($p<0.05$). افزایش غلظت بیوپلیمرها سبب افزایش در قوام نمونه‌ها شد (Kumar *et al.*, 2018). قوام نمونه‌ها صمغ کتیرا در غلظت ۱/۳٪ قوام نمونه‌ها را به مقدار بیشتری افزایش داد. نمونه ۰/۷T ،۳S از نظر میزان قوام به نمونه شاهد شبیه بود. چسبندگی حداکثر نیروی لازم جهت جدا کردن ماده غذایی از یک سطح و یا سطح ماده غذایی در ارتباط با کام، دندان و زبان است (Liu *et al.*, 2007). چسبندگی، به عنوان انرژی مورد نیاز برای غلبه بر پیوندهای داخلی غذا نیز تعریف می‌شود (Anbaranie *et al.*, 2021). در منحنی نیرو- سرعت برشی حداکثر نیروی در ناحیه منفی منحنی به عنوان چسبندگی در نظر گرفته می‌شود. نتایج نشان داد که مقدار چسبندگی در نمونه‌ها با افزایش غلظت بیوپلیمرها افزایش یافت. اثر صمغ کتیرا و

نشاسته گندم بر چسبندگی نمونه‌های دسر لبنی بسیار معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). میزان چسبندگی در نمونه شاهد حاوی ۱/۵ ٪ ژلاتین (1/5G)، (mJ) ۴/۶۵ بود که به مقدار چسبندگی در نمونه 1S، 1T ((mJ) ۴/۰۵) نزدیک می‌باشد. نیروی چسبندگی، حداکثر نیروی لازم برای غلبه بر نیروهای جاذبه بین سطح ماده غذایی و سایر سطوح می‌باشد. نیروی چسبندگی و چسبندگی با افزایش غلظت صمغ و نشاسته افزایش یافت. با توجه به نتایج آنالیز واریانس اثر صمغ و نشاسته بر این پارامترها معنی‌دار بودند. در پژوهش هونگ و همکاران (Huang *et al.*, 2007) در خصوص کاربرد نشاسته برنج و کاراگینان در نمونه دسر لبنی با نسبت وزنی ۰/۴-۰/۱ وزنی چسبندگی نمونه‌ها افزایش یافت. پانگ و همکاران (Pang *et al.*, 2015) گزارش کردند که چسبندگی و استحکام در نمونه‌های ژله شیری با افزایش غلظت نشاسته و صمغ‌های گوار، صمغ لوبیای خرنوب و کاراگینان افزایش یافت. عنبرانی و همکاران (Anbaranie *et al.*, 2021) گزارش نمودند که افزایش غلظت صمغ دانه مرو از ۵٪ به ۱۰٪ منجر به افزایش چسبندگی در ژل نشاسته گندم شد. سیت و همکاران (Sit *et al.*, 2014) گزارش نمودند که با افزایش غلظت نشاسته ویژگی‌های بافتی از جمله استحکام، پیوستگی، چسبندگی و شاخص ویسکوزیته در نمونه‌های سس گوجه فرنگی افزایش یافت. آن‌ها علت افزایش این ویژگی‌ها را به افزایش غلظت و اتصالات نشاسته که به عنوان عوامل قوام‌دهنده عمل می‌کنند، نسبت دادند. کمیلی فرد و همکاران (Komeilyfard *et al.*, 2017) با افزودن صمغ کتیرا و صمغ آنگوم در نمونه‌های سس کچاپ افزایش پارامترهای چسبندگی، نیروی چسبندگی و قوام را مشاهده کردند. در مجموع از نظر پارامترهای بافتی، میزان جایگزینی ۰/۷٪ صمغ کتیرا و ۲٪ نشاسته گندم، ۰/۷٪ صمغ کتیرا و ۳٪ نشاسته گندم و ۱٪ صمغ کتیرا و ۲٪ نشاسته گندم در دسر لبنی به نمونه شاهد نزدیک‌تر بودند (Komeilyfard *et al.*, 2017).

جدول ٤- پارامترهای بافتی نمونه دسر لبنی حاوی درصدهای مختلف صمغ کتیرا و نشاسته گندم در دمای ثابت ٤°C

Table 4- Textural parameters of dairy dessert samples containing different percentages Tragacanth gum and wheat starch at a constant temperature of 4°C

کد نمونه Samples	غلظت صمغ(٪) Gum concentration	غلظت نشاسته (٪) Starch	Hardness سختی (g) (Pa)	Consistency قوام (mJ)	Cohesiveness چسبندگی (mJ)	Cohesiveness Force نیروی چسبندگی(g)
1.5G	0	0	404.5 ±3.53 ^{D}	19±0.4^{BCE}	4.65±1.15^{E}	162.5±1.5^{BC}
0.7T, 1S	0.7	1	109.5± 6.36^{GH}	4.25±0.15^{H}	2.2±0.1^{F}	57.5±94.4^{D}
0.7T, 2S	0.7	2	322± 7.07 ^{F}	13. 8 ±0.2^{E}	8.3±0.1^{CD}	201±3^{B}
0.7T, 3S	0.7	3	397.55±7.77^{E}	18.25 ±2.85^{CEF}	8.35±0.05^{CD}	221.5±1.5^{B}
1T, 1S	1	1	138± 7.07^{EG}	5.35 ±0.75^{H}	4.5±0.65^{EF}	103±1^{CD}
1T, 2S	1	2	376 ±2.82^{E}	12.1 ±3.4^{G}	9.6±0.1^{CD}	147.5±2.5^{C}
1T, 3S	1	3	509.5 ± 4.94 ^{B}	25.5 ±3.8^{A}	11.05±0.35^{B}	356±3^{A}
1.3T, 1S	1.3	1	298 ±7/07^{C}	12.4 ±0.5^{FG}	7.65±0.25^{E}	235.5±1.5^{B}
1.3T, 2S	1.3	2	508±1.41 ^{C}	21.7 ±0.6^{ABC}	11.8±0.5^{AB}	395±2^{A}
1.3T, 3S	1.3	3	546 ±4.24^{A}	25±0.6^{AB}	12.4±0.00^{A}	389.5±0.5^{A}

داده‌های یک ستون با حروف متفاوت به صورت معناداری با یکدیگر متفاوت هستند (p<0.05).

Data in a column with different letters are significantly different from each other (p<0.05)

سینرزیس (آب اندازی)

سینرزیس یا آب اندازی پارامتری مهم برای ارزیابی پایداری فراورده‌های لبنی طی مدت زمان نگهداری است. سینرزیس اساسا فرایندی است که به ساختار ژل و میزان ماده خشک و پایدارکننده بستگی دارد. به جهت اینکه سینرزیس یک ویژگی حسی بصری محسوب می‌شود، می‌تواند در میزان پذیرش فراورده موثر واقع شود. در پژوهش حاضر در تمامی نمونه‌ها با افزایش غلظت صمغ کتیرا و نشاسته گندم درصد سینرزیس کاهش یافت. نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثرات سطوح جایگزینی صمغ کتیرا، نشاسته گندم و روز بر سینرسیس نمونه‌های دسر لبنی معنی‌دار بودند (جدول ۵). به این صورت که در غلظت ثابت نشاسته، با افزایش صمغ کتیرا از ۰/۷٪ به ۱/۳٪ میزان سینرزیس نمونه‌ها، از ۰/۳۴٪ به ۰/۰۶ ٪ و در غلظت ثابتی از صمغ، با افزایش غلظت نشاسته گندم از ۱٪ به ۳٪ سینرزیس از مقدار ۰/۳۴ به ۰/۲۴۸٪ به طور معنی‌داری کاهش یافت. کاهش سینرسیس در نمونه‌ها به دلیل اثر صمغ به عنوان مانعی برای رتروگراداسیون نشاسته و همچنین اثر هم افزایی آن به همراه نشاسته در افزایش ویسکوزیته است (Ferrero *et al.*, 1993). شی و بی میلر (Shi and BeMiller, 2002) اثر کاهش سینرسیس را نتیجه تعامل

بین مولکول‌های صمغ و نشاسته گزارش نمودند . همچنین عنبرانی و همکاران گزارش دادند که صمغ‌ها در سیستم‌های آبی نشاسته به عنوان عامل متصل شونده به آب عمل می‌کنند و آب در دسترس آمیلوز و آمیلوپکتین برای کریستالیزاسیون را خارج می‌کنند و در نتیجه از سینرزیس نشاسته جلوگیری می‌کنند (Katsuta *et al.*, 1992 و Anbaranie *et al.*, 2021). افزایش مدت نگهداری نمونه‌ها بطور طبیعی منجر به افزایش سینرزیس شد. به طوری که پس از ۷ و ۱۴ روز نگهداری در یخچال، سینرسیس در نمونه 1S, ۰/۷T با کم‌ترین درصد صمغ و نشاسته به ترتیب از ۱/۰۰۸ به ۸/۲۲ و ۸/۷۸ و در نمونه ۳S, ۱/۳T با بیشترین درصد صمغ و نشاسته به ترتیب از ۰/۰۶ به ۰/۰۸ و ۰/۰۹۹ افزایش یافت. در نمونه‌های ۳S, ۰/۷T ، ۳S, ۱T, S ۲, ۱/۳T و ۳S, ۱/۳T افزایش سینرزیس به میزان کم‌تری اتفاق افتاد. طی مدت زمان نگهداری، مولکول‌های آمیلوز و آمیلوپکتین نشاسته شروع به بهم پیوستن مجدد می‌کنند و شبکه پلیمری با کریستال‌های نوع B را تشکیل می‌دهند به‌طوری‌که استحکام شبکه (سختی) به‌تدریج افزایش می‌یابد و جدایی فاز بین حلال و زنجیره‌های پلیمر اتفاق می‌افتد درنتیجه باعث افزایش سینرزیس می‌شود (Biliaderis, 2009). آلونکل و دوبلیر (Alloncle and Doublier., 1991) اشاره کردند که جدایی سرم نمونه‌های حاوی صمغ کتیرا در نتیجه ناسازگاری هیدرودینامیکی مولکول‌های مختلف پلیمری می‌باشد. سینرسیس در نمونه‌های ۲S, ۰/۷T و ۲S, ۱/۳T به نمونه شاهد نزدیک تر بودند.

جدول ۵- داده‌های سینرسیس نمونه های دسر لبنی در حضور درصدهای مختلف صمغ کتیرا و نشاسته گندم در دمای ثابت ℃٤

Table 5- Syneresis data of dairy dessert samples in the presence of different percentages of Tragacanth gum and wheat starch at a constant temperature of 4°C

Samples کد نمونه‌ها	غلظت صمغ(٪) Gum concentration	غلظت نشاسته (٪) Starch	Day 1 روز ۱	Day 7 روز ۷	Day14 روز ١٤
1.5G	0	0	0.34 ±0.21 CD	0.98±0.13DE	1.04±0.21E
0.7T, 1S	0.7	1	1.008± 0.007C	8.22±0.02A	8.87±0.93A
0.7T, 2S	0.7	2	0.049±0.002DF	3.12±0.36C	3.11±0.21C
0.7T, 3S	0.7	3	0.248±0.07D	0.644 ±0.07DE	0.895±0.14EF
1T, 1S	1	1	4.2± 0.91A	4.34 ±0.95B	6.11±0.11B
1T, 2S	1	2	0.14 ±0.06D	0.98 ±0.13DE	1.18±0.002D
1T, 3S	1	3	0.05 ± 0.07 D	0.64 ±0.2DE	0.69±0.13EF
1.3T, 1S	1.3	1	1.047 ±0/42B	1.52 ±0.76D	2.9±0.76C
1.3T, 2S	1.3	2	0.196±0.00 D	0.248 ±0.06E	0.346±0.06F
1.3T, 3S	1.3	3	0.06 ±0.07D	0.08±0.07E	0.099±0.00F

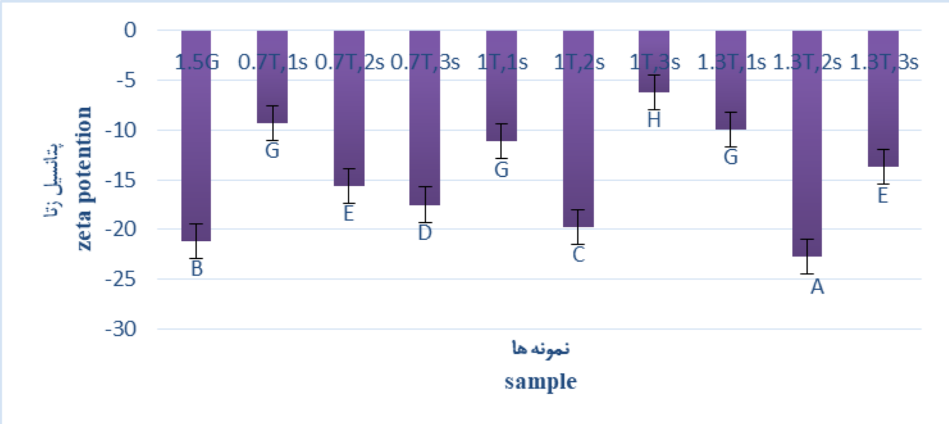
داده‌های یک ستون با حروف متفاوت به صورت معناداری با یکدیگر متفاوت هستند ($p<0.05$).

Data in a column with different letters are significantly different from each other ($p<0.05$)

پتانسیل زتا

یکی از عوامل مهم در توصیف شرایط بیوپلیمرها پتانسیل زتا می‌باشد (Jafari and Esfanjani, 2017). به طور کلی در تعیین پایداری کلوئیدها، بار خالص کمپلکس‌ها موثر است، زیرا شاهد برهمکنش‌های الکترواستاتیکی بین پلیمرهای زیستی است (Liu *et al.*, 2012). در برخی موارد لازم است برای جدا نگه داشتن ذرات از یکدیگر و ممانعت از تجمع آن‌ها، دافعه بین ذرات را به حداکثر مقدار ممکن رساند و گاهی نیز با حذف یا کاهش نیروهای دافعه و با ایجاد تغییر در تعادل بین نیروهای دافعه و جاذبه می‌توان ویسکوزیته محلول را تغییر داده و آن را تعدیل نمود. پتانسیل زتا بیانگر شدت جذب یون های مخالف به سطح ذرات است، لذا می‌توان خصوصیات یک سوسپانسیون را با درک چگونگی برهمکنش کلوئیدها با یکدیگر شناسایی نمود. در شکل ۲ مشاهده می‌شود که افزایش غلظت صمغ کتیرا و نشاسته گندم به طور معنی‌داری پارامتر پتانسیل زتا در نمونه‌های دسر لبنی را تحت تاثیر قرار داده است. مقدار پتانسیل زتا در نمونه‌های ۲S, ۱/۳T و ۲S, ۱T به نمونه شاهد نزدیک‌تر بودند. کم‌ترین و بیشترین میزان پتانسیل زتا (مقدار بار منفی) در دسرهای لبنی در محدوده ۶/۱۷- و ۲۲/۷۷- به ترتیب مربوط به نمونه‌های 1T3S و 1.3T2S می‌باشد. با توجه به نتایج آنالیز واریانس، اثر صمغ، نشاسته و برهمکنش آن‌ها بر پتانسیل زتا بسیار معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). افزایش غلظت هیدروکلوئیدها در اکثر نمونه‌ها منجر به افزایش در میزان بار منفی و پتانسیل زتا شده است. در غلظت ثابت صمغ، با افزایش نشاسته از ۱٪ به ۳٪ و در میزان ثابت نشاسته با افزایش غلظت صمغ از ۰/۷٪ به ۱/۳٪ میزان پتانسیل زتا در اکثر نمونه‌ها افزایش یافت اما روند منظمی نداشت. در پی کاهش میزان پتانسیل زتا بارهای الکتریکی منفی کاهش یافته و تمایل سیستم هیدروکلوئیدی به ایجاد توده بیشتر شده و ثبات سیستم کاهش

می‌یابد (Ambjerg Pedersen and Jorgensen, 1991). کیو و همکاران (Cui *et al*., 2014) با افزودن نشاسته استیله در ماست قالبی گزارش کردند که پتانسیل زتا در غلظت ۰/۵٪ نشاسته استیله به حداکثر مقدار خود رسید. همچنین بیان نمودند که با کاهش پتانسیل زتا ثبات سیستم افزایش یافت. آن‌ها علت افزایش ثبات در سیستم ماست قالبی را به نیروهای واندروالسی و دافعه الکترواستاتیکی نسبت دادند (Cui *et al*., 2014).



شکل ۲- پتانسیل زتا در نمونه‌های دسر لبنی با درصدهای مختلف صمغ کتیرا و نشاسته گندم با نمونه کنترل (۱/۵ درصد ژلاتین) در دمای ثابت ٤°C، T صمغ کتیرا و S نشاسته گندم

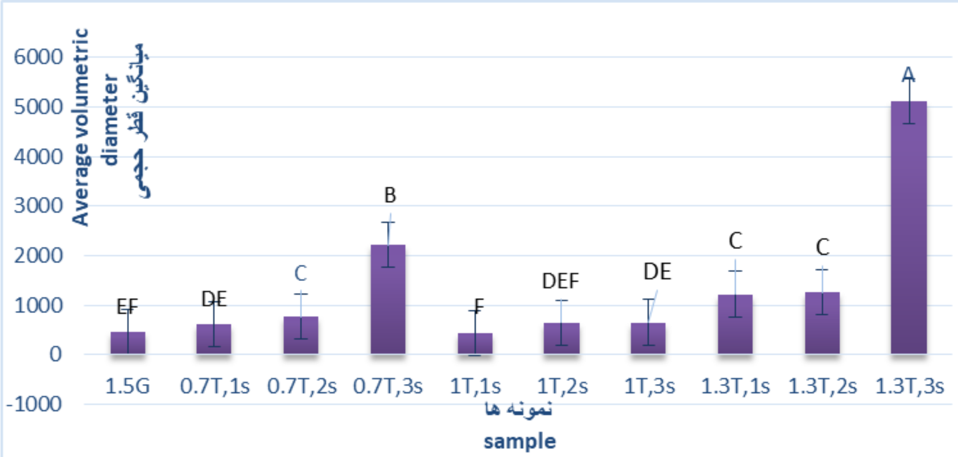
Fig. 2- Zeta potential in dairy dessert samples with different percentages of katira gum and wheat starch with the control sample (1.5% gelatin) at a constant temperature of 4°C, T of Tragacanth gum and S of wheat starch

توزیع اندازه ذرات

آنالیز اندازه ذرات برای نظارت بر تشکیل و رشد شبکه‌های الکترواستاتیکی بین پروتئین‌ها و پلی‌ساکاریدها انجام می‌شود (Jensen *et al*., 2010). اندازه ذرات فاز پراکنده از مهم‌ترین خصوصیات امولسیون‌های غذایی است. هرچه اندازه ذرات امولسیون‌ها کوچک‌تر باشد، امولسیون حاصل پایداری بیشتری خواهد داشت. قانون استوک نشان می‌دهد که سرعت حرکت ذرات با توان دوم شعاع متناسب است. تجزیه و تحلیل توزیع اندازه ذرات برای نظارت بر تشکیل شبکه‌های الکترواستاتیکی بین پلی ساکاریدها و پروتئین‌ها انجام می‌گردد (Jensen *et al*., 2010). با کاهش اندازه ذرات ثبات امولسیون افزایش و سرعت جدا شدن فازهای آن کاهش می‌یابد، بنابراین تولید امولسیون با اندازه ذرات کوچک‌تر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. دستکم در معدود پژوهش هایی، تغییرات میانگین اندازه ذره دسرهای لبنی حاوی هیدروکلوئید مورد بررسی قرار گرفته است، نتایج به دست آمده در شکل ۳ بیانگر این مطلب است که میانگین قطر حجمی (قطر ذرات مبتنی بر حجم) در نمونه‌های دسر لبنی با افزایش غلظت صمغ کتیرا و نشاسته گندم به طور معنی‌داری افزایش یافته است و اثر صمغ کتیرا، نشاسته گندم بر میانگین آن معنی‌دار شد ($p<0.05$). با توجه به نتایج مشاهده شده در شکل ۴ اکثر نمونه‌ها در غلظت ثابت صمغ کتیرا با افزایش غلظت نشاسته گندم از ۱٪ به ۳٪، اسپان[1] (شاخص توزیع اندازه ذرات) کاهش می‌یابد، در حالی که در غلظت ثابت نشاسته، افزایش صمغ کتیرا از ۰/۷٪ به ۱/۳٪ موجب افزایش اسپان شده است. اسپان و میانگین قطر حجمی در نمونه شاهد به ترتیب ۱/۰۸ و ۴۵۱/۵۷ نانومتر می‌باشد و بیشترین و کم‌ترین مقدار اسپان و میانگین قطر حجمی در نمونه‌های دسر لبنی به ترتیب مربوط به نمونه‌های ۱/۳T,۲S ، ۱S T ۰/۷, و ۱/۳T,۳S، ۱S ,۰/۷T می‌باشد. نمونه‌های ۱S ,۰/۷T و ۳S T ۰/۷, به ترتیب از نظر قطر متوسط و اسپان به نمونه شاهد نزدیک‌تر بودند. حضور ذراتی با قطر بزرگ در نمونه‌های دسر لبنی را می‌توان به افزایش درصد باسورین[2] نسبت داد، باسورین به عنوان بخش نامحلول صمغ کتیرا با افزایش ویسکوزیته و بدون تشکیل پیوند با پروتئین‌ها منجر به افزایش اندازه ذرات می‌شود (Balaghi *et al*., 2010). همچنین در ژل صمغ دانه ریحان، با افزایش غلظت صمغ توزیع اندازه ذرات افزایش یافت (Naji-Tabasi *et al*., 2017). هونگ و همکاران (Huang *et al*., 2007) مشاهده کردند که با افزایش غلظت صمغ‌های زانتان، متیل سلولز، عربی، پکتین، گوار، کاراگینان و شنبلیله در ژل نشاسته برنج، پارامترهای اندازه ذرات افزایش یافت. کشتکاران و همکاران علت افزایش اندازه ذرات در شیر

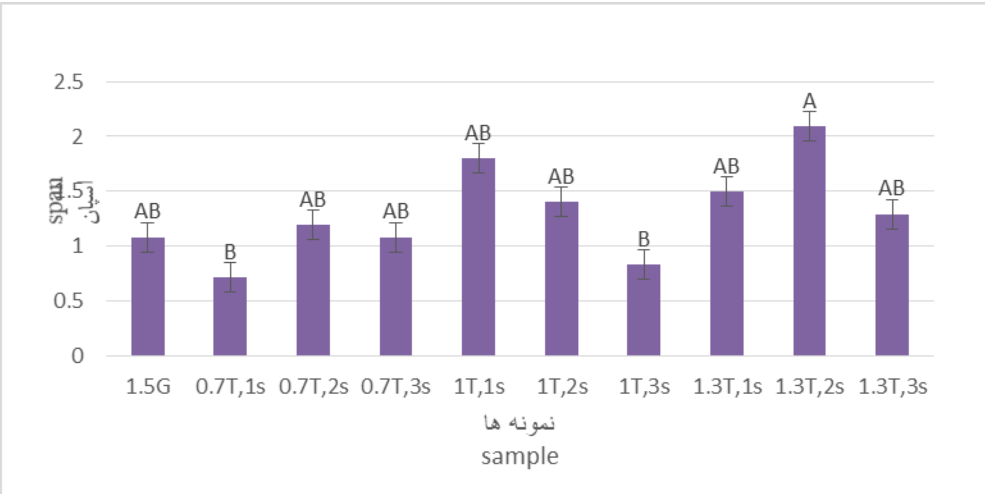
1- Span
2- Basorin

خرما طی افزایش غلظت صمغ کتیرا را به جذب صمغ روی میسل‌های کازئین شیر نسبت دادند. جنسن و همکاران (Jensen *et al.*, 2010) نیز نتایج مشابهی مبنی بر افزایش شاخص پراکندگی ذرات گزارش کردند. به این صورت که با افزایش غلظت پکتین در نمونه‌های نوشیدنی شیر شاخص پراکندگی ذرات نمونه‌ها افزایش یافت (Jensen *et al.*, 2010).



شکل ۳- میانگین قطر حجمی نمونه‌های دسر لبنی در حضور درصدهای مختلف صمغ کتیرا و نشاسته گندم با نمونه کنترل (۱/۵ درصد ژلاتین) در دمای ثابت ٤°C، T صمغ کتیرا و S نشاسته گندم

Fig. 3- The average volume diameter of dairy dessert samples in the presence of different percentages of katira gum and wheat starch with the control sample (1.5% gelatin) at a constant temperature of 4°C, T of Tragacanth gum and S of wheat starch



شکل ٤- اسپان (شاخص توزیع اندازه ذرات) نمونه‌های دسر لبنی در حضور درصدهای مختلف صمغ کتیرا و نشاسته گندم با نمونه کنترل (۱/۵ درصد ژلاتین) در دمای ثابت ٤°C، T صمغ کتیرا و S نشاسته گندم

Fig. 4- Span (particle size distribution index) of dairy dessert samples in the presence of different percentages of gum Thragacant and wheat starch with the control sample (1.5% gelatin) at a constant temperature of 4°C, T gum Tragacanth and S wheat starch

ارزیابی حسی

به دلیل نقش محوری که درک حسی با بازاریابی مواد غذایی لبنی ایفا می‌کند، اغلب روش‌های اندازه‌گیری حسی یکی از مراحل نهایی در توسعه محصول می‌باشد (Clark *et al.*, 2009). آزمون‌های حسی با توجه به هدف آن‌ها شامل دو گروه مصرف‌کننده‌گرا و مصرف‌گرا می‌باشند. در آزمون‌های مصرف‌کننده‌گرا، اولویت با قابلیت پذیرش و میزان علاقه به محصول توسط مصرف‌کنندگان، می‌باشد. در حالی که در آزمون‌های مصرف‌گرا تفاوت‌های موجود بین محصولات و ویژگی‌های آن‌ها تعیین می‌شود. از بین نمونه‌های دسر لبنی ۵ نمونه دسر لبنی شامل: ۰/۷T ,۲S ، ۰/۷T ,۳S ، ۱T ,۱S ، ۱T ,۲S و ۱/۳T ,۱S که از نظر ویژگی‌های فیزیکی و رئولوژیکی به نمونه شاهد شباهت بیشتری داشتند، انتخاب و جهت ارزیابی حسی به

کارگرفته شدند. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که غلظت‌های مختلف صمغ کتیرا و نشاسته گندم بر ویژگی‌های حسی نمونه‌ها شامل: رنگ، عطر و طعم، شیرینی، چسبندگی، حالت صمغی و پذیرش کلی اثر معنی‌دار داشتند (p<۰/۰۵) و افزایش غلظت صمغ کتیرا و نشاسته گندم بر سایر ویژگی‌های حسی اثر معنی‌دار نداشته است (p>۰/۰۵).

با توجه به جدول ۶ و نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های دسر لبنی افزودن صمغ کتیرا و نشاسته گندم به طور معنی‌داری موجب کاهش امتیاز سفیدی رنگ نمونه‌ها شده‌است. کمترین و بیشترین میزان امتیاز رنگ مربوط به نمونه‌های S۱, T۱/۳ و S۲, T۰/۷ به ترتیب با امتیاز ۵/۵ و ۷/۷ مربوط می باشد. امتیاز رنگ نمونه شاهد ۷/۱ و نمونه‌های S۳, T۰/۷ و S۲, T۰/۷ به ترتیب با امتیازهای ۶/۹ و ۷/۷ از نظر ویژگی رنگ به نمونه شاهد نزدیک‌تر بودند. نتایج مشابه در مورد اثر افزودن هیدروکلوئیدها بر امتیاز رنگ توسط رزمخواه و همکاران (Razmkhah Sharbiani *et al*., 2010) در نمونه ماست چکیده مشاهده شد که بیشترین و کم‌ترین امتیاز رنگ به ترتیب متعلق به ٪ ۰/۰۵ و ٪۰/۲ صمغ می‌باشد. در واقع افزایش غلظت هیدروکلوئیدها موجب کاهش امتیاز رنگ در نمونه‌ها شده‌است (Razmkhah Sharbiani *et al*., 2010).

یکی از مهم‌ترین ویژگی‌ها در ارزیابی محصولات غذایی عطر و طعم است که بر پذیرش مصرف‌کننده اثر دارد. درک طعم حاصل ترکیب دو حس بویایی و چشایی است، ارزیابی عطر و طعم در نمونه‌ها روند مشخص را نداشته و امتیاز عطر و طعم در نمونه شاهد ۶/۴ بود و بالاترین و کمترین آن به ترتیب به نمونه‌هایS ۱, T۱ و S۳, T۰/۷ تعلق گرفت. برهمکنش صمغ کتیرا و نشاسته گندم امتیاز عطر و طعم نمونه‌های دسر لبنی را به طور معنی‌داری نسبت به نمونه شاهد کاهش داد. نمونه‌های S۲, T۱ و S۱, T۱ از نظر ویژگی عطر و طعم به نمونه شاهد شباهت بیشتری داشتند (جدول ۶). به طور کلی با افزایش ویسکوزیته در نتیجه حضور هیدروکلوئیدها در نمونه‌های دسر لبنی عطر و طعم کاهش یافت. جاویدی و همکاران (Javidi *et al*., 2012) گزارش نمودند که با افزایش ویسکوزیته و درنتیجه آن، کاهش انتقال جرم و ترکیبات معطر باقی مانده در قسمت‌های عمیق تر بستنی عطر و طعم در نمونه‌ها کاهش یافت. تاراگا و کاستل (Tárrega and Costell *et al*., 2006) گزارش کردند افزایش صمغ باعث افزایش ویسکوزیته و کاهش شدت عطر و طعم وانیلی شد.

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر صمغ کتیرا و نشاسته گندم بر امتیاز حسی صافی ظاهری نمونه‌های دسر لبنی معنی‌دار نبود (p>۰/۰۵). همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، نمونه شاهد با بیشترین امتیاز حسی صافی ظاهری (۷/۷) ارزیابی شد و بعد از آن به ترتیب نمونه‌های S۱, T۱ و S۲, T۱ به ترتیب با امتیاز ۶/۹ و ۶/۷ بیشترین امتیاز حسی مربوط به صافی ظاهری را داشتند. یکی از اهداف اصلی استفاده از تثبیت کننده‌ها ایجاد بافت و بدنه صاف در محصولات است (Marshall and Arbuckle, 1996 و Bahram Parvar *et al*., 2010).

میانگین امتیازات مربوط به شیرینی نمونه‌های دسر لبنی حاوی درصدهای مختلف صمغ کتیرا و نشاسته گندم در جدول ۶ مشاهده می‌شود. برهمکنش صمغ کتیرا و نشاسته گندم به طور معنی‌داری بر شیرینی نمونه‌ها اثر داشتند (P>۰/۰۵). امتیاز شیرینی در نمونه شاهد ۷/۴ می‌باشد و در سایر نمونه‌ها با افزایش درصد هیدروکلوئیدها شیرینی نمونه‌ها کاهش یافت. در بین نمونه‌ها، به ترتیب نمونه‌های S۲, T۰/۷و S۱, T۱ از نظر ویژگی شیرینی به نمونه شاهد نزدیک‌تر بودند. پنکبورن و کایاساکو (Pangborn & Kayasako., 1981) گزارش کردند که افزایش ویسکوزیته باعث کاهش درک شیرینی در محلول‌ها و فراورده‌های ژلی می‌شود. تاراگا و کاستل (Tárrega and Costell, 2006) نیز نتایج مشابهی مشاهده نمودند که با افزایش غلظت هیدروکلوئیدها شدت شیرینی در نمونه‌های دسر لبنی کاهش یافت.

چسبندگی در دسرهای لبنی و سس‌ها عبارت است از حالت چسبنده‌ای که توسط زبان و کام احساس می‌شود (Kokini and Cussler, 1987). آنالیز نتایج ارزیابی حسی نشان داد که چسبندگی در نمونه شاهد ۴/۴ و در نمونه‌های S۲, T۰/۷ و S۳, T۰/۷ به ترتیب حدود ۳/۳ و ۴ می‌باشد، که این نمونه ها از نظر ویژگی چسبندگی به نمونه شاهد نزدیک‌تر می‌باشند (جدول ۶). با افزایش صمغ کتیرا و نشاسته گندم در نمونه دسر لبنی چسبندگی به طور معنی‌داری افزایش یافت. جاویدی و همکاران (Javidi *et al*., 2012) بیان نمودند که افزایش غلظت صمغ ریحان و گوار به علت جذب آب چسبندگی نمونه‌های بستنی را با افزایش داد. به علت طویل بودن زنجیره مولکولی صمغ کتیرا و افزایش ظرفیت جذب آب موجب کاهش انسجام بافتی نمونه‌ها و افزایش چسبندگی می‌شود (Ahmadi Gavlighi, 2012). سیت و همکاران (Sit *et al*., 2014) گزارش نمودند که با افزایش غلظت نشاسته ویژگی‌های بافتی از جمله استحکام، پیوستگی، چسبندگی و شاخص ویسکوزیته در نمونه‌های سس گوجه فرنگی افزایش یافت. آن‌ها علت افزایش این ویژگی‌ها را به افزایش غلظت و اتصالات نشاسته که به عنوان عوامل قوام‌دهنده عمل می‌کنند، نسبت دادند (Sit *et al*., 2014).

اثر صمغ کتیرا و نشاسته گندم بر ویژگی صمغیت یا قابلیت جوندگی دسرهای لبنی معنی‌دار بود (p<۰/۰۵). با توجه به نتایج گزارش شده در جدول ۶ حالت صمغی نمونه شاهد در ارزیابی حسی امتیاز ۴/۵ را به خود اختصاص داد و در بیشتر نمونه‌ها با جایگزینی

درصد بیشتر صمغ و نشاسته حالت صمغی افزایش یافت، نمونه‌های ۱S، ۱Tو ۲S، ۱/۳T با امتیاز حسی ۵/۸ و ۵ بالاترین میزان صمغیت را داشتند. نمونه‌های S ۳، ۰/۷T و ۱S، ۱/۳T از نظر امتیاز حالت صمغی به نمونه شاهد نزدیک تر بودند. به طور کلی افزایش هیدروکلوئیدها حالت صمغی نمونه‌ها را افزایش داد. در پژوهش انجام شده توسط حداد خداپرست و همکاران مشاهده شد که افزایش غلظت ژلاتین موجب افزایش صمغیت در نمونه‌های شکلات شد (Haddad Khodaparast *et al.*, 2014).

پوشش دهانی در واقع فیلمی است که سطح دهان را پوشش می‌دهد. آنالیز نتایج واریانس نشان داد که اثر صمغ کتیرا و نشاسته گندم بر پوشش‌دهانی نمونه‌ها معنی‌دار نبود (p>۰/۰۵). اما به طور کلی افزایش غلظت هیدروکلوئیدها منجر به افزایش امتیاز پوشش دهانی گردید. امتیاز پوشش دهانی در نمونه شاهد ۵ ارزیابی شد و در سایر نمونه‌ها با افزایش غلظت هیدروکلوئیدها امتیاز آن افزایش یافت (جدول ۶). نمونه ۲S، ۰/۷T با امتیاز ۵ از نظر پوشش دهانی به نمونه شاهد بیشترین شباهت را داشت.

امتیاز پذیرش کلی نمونه‌های دسر لبنی در جدول ۶ ذکر شده است. با افزایش غلظت صمغ کتیرا و نشاسته گندم در نمونه‌های دسر لبنی امتیاز پذیرش کلی نمونه‌های دسر لبنی افزایش یافت، اما اختلاف معنی‌داری بین نمونه‌ها مشاهده نشد (P>۰/۰۵). امتیاز پذیرش کلی در نمونه شاهد ۶/۳ بود. نمونه‌های ۲S، ۰/۷T، ۳S T ۰/۷، و ۲S، ۱T به ترتیب با امتیاز حسی ۶/۸، ۶/۵ و ۶/۵ بیشترین امتیاز پذیرش کلی را به خود اختصاص دادند. مشاهده می‌شود که نمونه ۱S، ۱T از نظر امتیاز پذیرش کلی به نمونه شاهد شباهت بیشتری داشت. رحیمی و همکاران (Rahimi *et al.*, 2007) مشاهده نمودند که افزایش صمغ کتیرا موجب بهبود خصوصیات بافتی و حسی در نمونه‌های پنیر خامه‌ای کم چرب شد و در غلظت‌های بالای صمغ ۰/۵ ٪ صمغ بیشترین امتیاز پذیرش کلی را دریافت کردند. افزودن هیدروکلوئیدها نقش مهمی در فرمولاسیون و پذیرش کلی مصرف کننده دارد (Komeilyfard *et al.*, 2017) .

جدول ٦- نتایج ارزیابی حسی نمونه‌های دسر لبنی حاوی درصدهای مختلف صمغ کتیرا و نشاسته گندم

Table 6- Sensory evaluation results of dairy dessert samples containing different percentages of Tragacanth gum and wheat starch

خصوصیات حسی Sensory properties	کد نمونه‌ها Samples 1.5 G	0.7T2S	0.7T3S	1T1S	1T2S	1.3T1s
رنگ **Color**	7.1±1.1^{A}	7.7±0.83^{A}	6.9±1.28^{B}	6.3±1.1^{BC}	5.7±1.05^{C}	5.5±1.08^{C}
عطر و طعم **Aroma and taste**	6.4 ± 1.34^{AB}	6.6±2.12^{A}	4.9±1.28^{C}	6.3±1.1^{AB}	6.3±1.3^{AB}	7.3±1.2^{A}
صافی ظاهر **Appearance smoothness**	7.7±1.25^{A}	6.6±2.69^{AB}	6.1±1.59^{AB}	6.9±1.22^{AB}	6.7±1.56^{AB}	5.8±1.7^{B}
شیرینی **Sweetness**	7.4±2.06^{A}	7.8±1.26^{AB}	5.6±1.64^{C}	7.3±1.1^{A}	6.9±1.2^{ABC}	6±1.9
چسبندگی **Adhesiveness**	4.4± 2.41^{A}	3.3±0.52^{B}	4±1.41^{AB}	5.5±1.62^{A}	2.8±2.39^{B}	5.7±1.6^{A}
حالت صمغی **Guminess**	4.5± 2.41^{AB}	3.1±2.74^{AB}	3.9±2.07^{AB}	5.8±1.66^{A}	3.4±2.31^{AB}	5 ±0.81^{AB}
پوشش دهانی **Mouth cover**	5±1.41^{B}	5.4±2.27^{B}	5.6±1.24^{B}	5.6±1.34^{AB}	6.1±1.52^{A}	5.7±0.82^{AB}
پذیرش کلی **General acceptance**	6.3± 2.86^{A}	6.8±1.2^{A}	6.5±1.9^{A}	6.2±1.72^{A}	6.5±1.43^{A}	5±0.94^{A}

داده‌های یک ردیف با اندیس متفاوت به صورت معناداری با یکدیگر متفاوت هستند (p<0.05). G ژلاتین، T صمغ کتیرا و S نشاسته گندم

The data of a row with a different index are significantly different from each other (p<0.05). G gelatin, T Tragacanth gum and S wheat starch

نتیجه‌گیری

این تحقیق، با هدف مطالعه بررسی اثر صمغ کتیرا و نشاسته گندم به عنوان جایگزین ژلاتین بر خصوصیات رئولوژیکی، فیزیکی و

حسی دسر لبنی انجام شد. رفتار جریان در تمامی نمونه‌های دسر لبنی مشابه با نمونه شاهد و از نوع سودوپلاستیک (رقیق شونده با برش) بود. در بین مدل‌های رئولوژیکی استفاده شده، مدل قانون توان به عنوان بهترین مدل انتخاب شد (R^2 >۹۸، RMSE<۱/۶). با افزایش غلظت‌های صمغ کتیرا و نشاسته گندم پارامترهای سختی، قوام، چسبندگی و نیروی چسبندگی به طور معنی‌داری افزایش یافت، و نمونه‌های 0.7T2S، ۳S، ۰/۷T و، ۱S، ۱T از نظر تمامی پارامترهای بافتی مقدار مشابهی به نمونه شاهد داشتند. با افزایش صمغ کتیرا و نشاسته گندم میزان سینرزیس نمونه‌ها، به طور معنی‌داری کاهش یافت. افزایش مدت نگهداری نمونه‌ها بطور طبیعی منجر به افزایش سینرزیس شد. به طوری که پس از ۷ و ۱۴ روز نگهداری در یخچال، سینرزیس در نمونه ۱S، ۰/۷T با کم‌ترین درصد صمغ و نشاسته به ترتیب از ۱/۰۰۸ به ۸/۲۲ و ۸/۷۸ و در نمونه ۳S، ۱/۳T با بیشترین درصد صمغ و نشاسته به ترتیب از ۰/۰۶ به ۰/۰۸ و ۰/۰۹۹ افزایش یافت. سینرسیس در نمونه‌های ۳S، ۰/۷T و ۲S، ۱/۳T به نمونه شاهد نزدیک‌تر بودند. کم‌ترین و بیشترین میزان پتانسیل زتا (مقدار بار منفی) در دسرهای لبنی در محدوده ۶/۱۷- و ۲۲/۷۷- به ترتیب مربوط به نمونه‌های ۳S، ۱T و ۲S، ۱/۳T می‌باشد. میانگین قطر حجمی (قطر ذرات مبتنی بر حجم) در نمونه‌های دسر لبنی با افزایش غلظت صمغ کتیرا و نشاسته گندم به طور معنی‌داری افزایش یافته است و اثر صمغ کتیرا، نشاسته گندم بر میانگین آن معنی‌دار شد ($p<0.05$). در اکثر نمونه‌ها در غلظت ثابت صمغ کتیرا با افزایش غلظت نشاسته گندم از ۱٪ به ۳٪، اسپان[1] (شاخص توزیع اندازه ذرات) کاهش می‌یابد، در حالی که در غلظت ثابت نشاسته، افزایش صمغ کتیرا از ۰/۷٪ به ۱/۳٪ موجب افزایش اسپان شده است. اسپان و میانگین قطر حجمی در نمونه شاهد به ترتیب ۱/۰۸ و ۴۵۱/۵۷ نانومتر می‌باشد. نمونه‌های ۱S، ۰/۷T و ۳S، ۰/۷T به ترتیب از نظر قطر متوسط و اسپان به نمونه شاهد نزدیک‌تر بودند. غلظت‌های مختلف صمغ کتیرا و نشاسته گندم بر ویژگی‌های حسی نمونه‌ها شامل: رنگ، عطر و طعم، شیرینی، چسبندگی، حالت صمغی و پذیرش کلی اثر معنی‌دار داشتند ($p<۰/۰۵$).

منابع

1. Anbarani, N.M., Razavi, S.M.A., & Taghizadeh, M. (2021). Impact of sage seed gum and whey protein concentrate on the functional properties and retrogradation behavior of native wheat starch gel. *Food Hydrocolloids*, *111*, 106261. http://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106261
2. Azarikia, F., & Abbasi, S. (2010). On the stabilization mechanism of Doogh (Iranian yoghurt drink) by gum tragacanth. *Food Hydrocolloids*, *24*(4), 358-363. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.11.001
3. BahramParvar, M., Razavi, S.M., & Khodaparast, M.H. (2010). Rheological characterization and sensory evaluation of a typical soft ice cream made with selected food hydrocolloids. *Food Science and Technology International*, *16*(1), 79-88.
4. Balaghi, S., Mohammadifar, M., & Zargaraan, A. (2010). Physicochemical and rheological characterization of gum tragacanth exudates from six species of Iranian Astragalus. *Food Biophysic,s 5*, 59–71
5. Bourne, M. (2002). *Food texture and viscosity: concept and measurement*: Elsevier.
6. Biliaderis, C.G. (2009). *Structural Transitions and Related Physical Properties of Starch*. Third Edition ed. in: Starch: Chemistry and Technology (Eds.) J. BeMiller, R. Whistler, Academic Press. San Diego.
7. Cui, B., Lu, Y.M., Tan, C.P., Wang, G.Q., & Li, G.H. (2014). Effect of cross-linked acetylated starch content on the structure and stability of set yoghurt. *Food Hydrocolloids*, *35*, 576-582.
8. Clarke, C. (2015). *The science of ice cream*: Royal Society of Chemistry.
9. Dengate, H.N. (1984). *Swelling, pasting, and gelling of wheat starch*. in: Advances in Cereal Science and Technology, (Ed.) Y. Pomeranz, Vol. VI, American Association of Cereal Chemists, INC. St. Paul, Minnesota, pp. 49-82
10. Farahmandfar, R., Asnaashari, M., Salahi, M.R., & Rad, T.K. (2017). Effects of basil seed gum, Cress seed gum and Quince seed gum on the physical, textural and rheological properties of whipped cream. *International Journal of Biological Macromolecules*, *98*, 820-828.
11. Farzi, M., Emam-Djomeh, Z., & Mohammadifar, M.A. (2013). A comparative study on the emulsifying properties of various species of gum tragacanth. *International Journal of Biological Macromolecules*, *57*, 76-82.
12. Ferrero, C., Martins, MN., & Zaritzky, NE. (1993) Effect of freezing rate and xanthan gum on the properties of corn starch and wheat flour pastes. *International Journal Food Science Technology*, *28*(5), 481–498.
13. Gavlighi, H.A. (2013). Tragacanth gum: structural composition, natural functionality and enxymatic conversion as source of potential prebiotic activity.

1- Span

14. Golmohammadi, N., Mortazavi, S.A,. Hesari, J., & Moghadam Vahed, M. (2014). T*he effect of adding Gum of Ghadomeh Shirazi and Tragacanth on ketchup sauce synergy with quality improvement approach*, Third National Conference on Food Science and Industry, Quchan
15. González-Tomás, L., Bayarri, S., & Costell, E. (2009). Inulin-enriched dairy desserts: Physicochemical and sensory aspects. *Journal of Dairy Science*, *92*(9), 4188-4199.
16. Haddad Khodaparast, M.H., & Mohebbi, M. (2014). *Investigation of sodium caseinate proteins, whey concentrate, albumin and gelatin on the sensory and physicochemical properties of chocolate mousse,* Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian)
17. Huang, M., Kennedy, J., Li, B., Xu, X., & Xie, B. (2007). Characters of rice starch gel modified by gellan, carrageenan, and glucomannan: A texture profile analysis study. *Carbohydrate Polymers, 69*(3), 411-418.
18. Jafari, S.M., & Esfanjani, A.F. (2017). 14 - *Instrumental analysis and characterization of nanocapsules*. In Nanoencapsulation Technologies for the Food and Nutraceutical Industries (pp. 524-544): Academic Press.
19. Javidi, F. (2012). The effect of guar gum and basil seeds as a fat substitute on rheological, physical and sensory properties
20. Javidi, F., Razavi, S.M., Behrouzian, F., & Alghooneh, A. (2016). The influence of basil seed gum, guar gum and their blend on the rheological, physical and sensory properties of low fat ice cream. *Food Hydrocolloids, 52,* 625-633. http://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.08.006
21. Jensen, S., Rolin, C., & Ipsen, R. (2010). Stabilisation of acidified skimmed milk with HM pectin. *Food Hydrocolloids*, *24*(4), 291-299.
22. Kaheni, F., Kaheni, S., Sharifzadeh, G. R., Nasiri Foorg, A., & Avan, M. (2009). Consumption amount of milk and dairy products in school children of 6-11 year olds in Birjand during 2007. *Journal of Birjand University of Medical Sciences, 16*(2), 61-67.
23. Karim, A.A., & Bhat, R. (2008). Gelatin alternatives for the food industry: recent developments, challenges and prospects. *Trends in Food Science & Technology*, *19*(12), 644-656.
24. Keshtkaran, M., Mohammadifar, M.A., Asadi, G.H., Nejad, R.A., & Balaghi, S. (2013). Effect of gum tragacanth on rheological and physical properties of a flavored milk drink made with date syrup. *Journal of Dairy Science, 96*(8), 4794-4803.
25. Kokini, J.L., & Cussler, E.L. (1987). *The psychophysics of fluid food texture.* Food Texture.
26. Komeilyfard, A., Fazel, M., Akhavan, H., & Mousakhani Ganjeh, A. (2017). Effect of Angum gum in combination with tragacanth gum on rheological and sensory properties of ketchup. *Journal of Texture Studies*, *48*(2), 114-123.
27. Kumar, L., Brennan, M., Zheng, H., & Brennan, C. (2018). The effects of dairy ingredients on the pasting, textural, rheological, freeze-thaw properties and swelling behaviour of oat starch. *Food Chemistry, 245*, 518-524.
28. Lazaridou, A., Serafeimidou, A., Biliaderis, CG., Moschakis, T., & Tzanetakis, N. (2014) Structure development and acidification kinetics in fermented milk containing oat b-glucan, a yogurt culture and a probiotic strain. *Food Hydrocoll*, *39*, 204–214
29. Lai, L.S., Liu, Y.L., & Lin, P.H. (2003). Rheological/textural properties of starch and crude hsian-tsao leaf gum mixed systems. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *83*(10), 1051-1058.
30. Liu, H., Xu, X., & Guo, S. D. (2007). Rheological, texture and sensory properties of low-fat mayonnaise with different fat mimetics. *LWT-Food Science and Technology, 40*(6), 946-954.
31. Liu, L., Zhao, Q., Liu, T., Long, Z., Kong, J., & Zhao, M. (2012). Sodium caseinate/xanthan gum interactions in aqueous solution: Effect on protein adsorption at the oil–water interface. *Food Hydrocolloids, 27*(2), 339-346.
32. Marshall, R.T., & Arbuckle, W.S. (1996). *Ice Cream.* 5th edn, New York: Chapman and Hall., pp. 29_30, 39_40, 262.
33. Murphy, P. (2000). *Starch. in: Handbook of Hydrocolloids*, (Eds.) G.O. Phillips, P.A. Williams, Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC.
34. Naji-Tabasi, S., & Razavi, S.M.A. (2017). Functional properties and applications of basil seed gum: An overview. *Food Hyocolloids*, *73*, 313-325.
35. Nejatian, M., Hatami, M., & Mohammadifar, M.A. (2013). Effect of gum tragacanth exuded by three Iranian Astragalus on mixed milk protein system during acid gelation. *International Journal of Biological Macromolecules*, *53*, 168-176. http://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2012.11.001
36. Pang, Z., Deeth, H., & Bansal, N. (2015). Effect of polysaccharides with different ionic charge on the rheological, microstructural and textural properties of acid milk gels. *Food Research International*, *72,* 62-73.
37. Pangborn, R., & Koyasako, A. (1981). Time-course of viscosity, sweetness and flavor in chocolate desserts. *Journal of Texture Studies*, *12*(2), 141-150.
38. Paoletti, F., Nardo, N., Saleh, A., & Quaglia, G. (1995). Back extrusion test on emulsions stabilized with whey protein concentrates. *LWT-Food Science and Technology, 28*(6), 616-619.

39. Perrot, A., Mélinge, Y., Patrice, E., Rangeard, D., & Lanos, C. (2011). The back extrusion test as a technique for determining the rheological and tribological behavior of yield stress fluids at low shear rates. *Appl. Rheol.*, 21, 53–64
40. Perna, A., Intaglietta, I., Simonetti, A., & Gambacorta, E. (2014). Antioxidant activity of yogurt made from milk characterized by different casein haplotypes and fortified with chestnut and sulla honeys. *Journal of Dairy Science, 97*(11), 6662-6670.
41. Rahimi, J., Khosrowshahi, A., Madadlou, A., & Aziznia, S. (2007). Texture of low-fat Iranian white cheese as influenced by gum tragacanth as a fat replacer. *Journal of Dairy Science, 90*(9), 4058-4070.
42. Razavi, S.M.A., Moghaddam, T.M., & Amini, A.M. (2008). Physical-mechanical properties and chemical composition of Balangu (*Lallemantia royleana* (Benth. in Walla.)) seed. *International Journal of Food Engineering, 4*(5).
43. Razmkhah Sharbiani, Razavi, S.M..A., & Mazaheri Tehrani, M. (2010). The effect of using pectin, myrrh and basil seeds on physicochemical and sensory properties of nonfat yogurt. *Iranian Food Science and Technology Research, (6).*
44. Reis, FR., de Pereira-Netto, AB., Meira, SJL., Isidoro, HCW., & Bilesky, CLM. (2011) Apparent viscosity of a skim milk based dessert: optimization through response surface methodology. *Food NutrScience, 2*, 90–95
45. Sandhu, K.S., & Singh, N. (2007). Some properties of corn starches II: Physicochemical, gelatinization, retrogradation, pasting and gel textural properties. *Food Chemistry*, *101*(4), 1499-1507.
46. Schrieber, R., & Gareis, H. (2007). *Gelatine handbook: theory and industrial practice*: John Wiley & Sons.
47. Szczesniak, AS. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality Prefer*, 13, 215–225
48. Shams-Abadi, S.T., & Razavi, S.M.A. (2021). Cress seed gum improves rheological, textural and physicochemical properties of native wheat starch-sucrose mixture. *International Journal of Biological Macromolecules, 181*, 945-955.
49. Shi, X., & BeMiller, J.N. (2002). Effects of food gums on viscosities of starch suspensions during pasting. *Carbohydrate Polymers*, *50*(1), 7-18.
50. Sit, N., Misra, S., Baruah, D., Badwaik, L.S., & Deka, S.C. (2014). Physicochemical properties of taro and maize starch and their effect on texture, colour and sensory quality of tomato ketchup. *Starch‐Stärke*, *66*(3-4), 294-302.
51. Steffe, J.F. (1996). *Rheological methods in food process engineering*. Freeman press.
52. Szczesniak, A.S. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, *13*(4), 215-225.
53. Tárrega, A., Torres, J. D., & Costell, E. (2011). Influence of the chain-length distribution of inulin on the rheology and microstructure of prebiotic dairy desserts. *Journal of Food Engineering, 104*(3), 356-363.
54. Tarrega, A., & Costell, E. (2006). Effect of composition on the rheological behaviour and sensory properties of semisolid dairy dessert. *Food Hydrocolloids*, *20*(6), 914-922.
55. Tárrega, A., González Tomás, L., & Costell, E. (2004). Effect of milk fat content on the flour behaviour of custard desserts.
56. Toker, OS., Dogan, M., Caniyilmaz, E., Erso¨z, NB., & Kaya, Y. (2013) The effects of different gums and their interactions on the rheological properties of a dairy dessert: a mixture design approach. *Food Bioprocess Technology, 6*, 896–908
57. Torres, G., Andersen, J., & Giménez, A. (2010). Accurate masses and radii of normal stars: modern results and applications. *The Astronomy and Astrophysics Review, 18*(1-2), 67-126. http://doi.org/10.1007/s00159-009-0025-1
58. Vélez-Ruiz, J., Hernando, I., González-Tomás, L., Pérez-Munuera, I., Quiles, A., Tárrega, A., & Costell, E. (2006). Rheology and microstructure of custard model systems with cross-linked waxy maize starch. *Flavour and Fragrance Journal, 21*(1), 30-36.
59. Yin, M., Yang, D., Lai, S., & Yang, H. (2021). Rheological properties of xanthan-modified fish gelatin and its potential to replace mammalian gelatin in low-fat stirred yogurt. LWT 147: 111643.